Das Asphaltkalkgebiet des Pescaratales am Nordabhange der Majella (Abruzzen)

von

Bergassessor **Georg Thiel**
aus Breslau

Von der Kgl. Technischen Hochschule zu Breslau

zur Erlangung der Würde eines

DOKTOR-INGENIEURS

genehmigte Dissertation.

Referent: Professor Dr. **Frech.**
Korreferent: Professor **Lüty.**

BERLIN 1912

Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke)
Lindenstraße 158

45094.

Das Asphaltkalkgebiet des Pescaratales am Nordabhange der Majella (Abruzzen)

von

Bergassessor **Georg Thiel**
aus Breslau

Von der Kgl. Technischen Hochschule zu Breslau

zur Erlangung der Würde eines

DOKTOR-INGENIEURS

genehmigte Dissertation.

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

Referent: Professor Dr. **Frech.**
Korreferent: Professor **Lüty.**

BERLIN 1912

Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke)
Linienstraße 158

Meiner geliebten Mutter

und dem teuren Andenken meines verstorbenen Vaters

in tiefer Dankbarkeit

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549813_0063

Vorwort.

Die von dem Direktor der Gesellschaft Reh & Co., Herrn Dipl.-Berging. Reichenbach, und dem Betriebsführer Herrn Plüschke in Scafa seit Jahren mit großer Sachkenntnis angestellten Beobachtungen haben wesentlich dazu beigetragen, den Fortschritt meiner Arbeiten an Ort und Stelle zu fördern. Ihr Entgegenkommen, ihre später noch des öfteren erteilten schriftlichen Auskünfte und die bereitwillige Überlassung von Belegstücken ermöglichten es mir, den Stoff noch weiter zu verarbeiten und im Zusammenhange mit der über Asphalte besonders in den letzten Jahren geschaffenen reichen Literatur weiter auszugestalten. Ferner verdanke ich viele Anregungen meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Universitätsprofessor Dr. Fritz Frech in Breslau, sowie Herrn Bergassessor Dr. Flegel in Berlin und Herrn Dr. Lachmann in Breslau. Ihnen allen zolle ich auch an diesem Orte den gebührenden Dank.

Inhaltsübersicht.

Seite

Vorwort 5

I. Einleitung nebst orographischem Teil: Allgemeines über die Bedeutung, die geographische Lage und die Landschaftsformen des Asphaltkalkgebietes 7

II. Stratigraphisch-paläontologischer Teil 9

a) Kurzer Überblick über den geologischen Aufbau des mittleren Teiles Mittelitaliens . . 9

b) Beschreibung der im Asphaltkalkgebiete auftretenden Schichten und der sie bildenden Gesteine 11

c) Geologische Altersbestimmung der Schichten 15

III. Tektonischer Teil 21

a) Allgemeines über die Faltung des Apennins 21

b) Die Tektonik des Asphaltkalkgebietes 21

IV. Lagerstätten-Teil 22

a) Beschreibung der Asphaltkalklager 22

b) Die Entstehung der Asphaltkalklager 27

V. Technischer und statistischer Teil 31

Zusammenfassung der theoretischen Hauptergebnisse 34

I. Einleitung.

Allgemeines über die Bedeutung, die geographische Lage und die Landschaftsformen des Asphaltkalkgebietes.

Die Apenninische Halbinsel weist zwei größere Zonen auf, in denen fossile Kohlenwasserstoffe auftreten: Die südlich des Pos am Nordabhange des Apennins in der Emilia sich erstreckende Erdölzone und die Erdöl- und Asphaltzone Mittelitaliens, die sich in nordost-südwestlicher Richtung und in Gestalt einer dicken Ellipse quer fast über die ganze, hier allerdings ziemlich schmale Halbinsel hinzieht.

Im östlichen Teile dieser Erdöl- und Asphaltzone liegt das Asphaltkalkgebiet, das den Gegenstand dieser Abhandlung bilden soll. Um von vornherein die Art des Vorkommens genauer zu kennzeichnen, sei vorweggenommen, daß es sich hier um größtenteils magnesiumhaltige, mit Bitumen durchsetzte Kalke handelt, ebenso wie bei den meisten übrigen, mit Asphalt bezeichneten Vorkommen der mittelitalienischen Erdöl- und Asphaltzone und wie bei Ragusa, dem Hauptvorkommen Siziliens. Der Anregung R. Kaysers[1]) folgend, sollen diese Gesteine weder Asphalte genannt werden, worunter man nur geschwefelte Kohlenwasserstoffe, wie die Asphalte von Trinidad und vom Toten Meere, zu verstehen hat, noch Asphaltoide, wie man Lösungen von geschwefelten Kohlenwasserstoffen in festen oder flüssigen Kohlenwasserstoffen nennt; nach Kayser bezeichnet man sie besser als „bituminöses Gestein" oder, unter Andeutung der Art des Muttergesteins, als „mit Asphalt getränkten Kalkstein, Dolomit usw.". Höfer[2]) teilt die Lagerstätten von Asphalt und Asphaltit (das sind gangförmige Vorkommen, wie die von Syrien) gemäß den bekanntesten Vorkommen und deren Eigenheiten in verschiedene Typen (1. Typus Trinidad, 2. Typus Totes Meer, 3. Typus Albertit, 4. Typus Selenitza) ein, scheidet die hier nicht einzureihenden Vorkommen als (5.) Asphaltgesteine aus und schlägt als Sonderbezeichnung der einzelnen Gesteine die Namen Asphaltkalk, Asphaltdolomit usw. vor. Obgleich Höfer in den in seinem Werke folgenden Aufzählungen der Asphalte der Erde die von ihm gemachte Unterscheidung selbst nicht anwendet, soll dieser seiner Art, die bituminösen Gesteine zu bezeichnen, vor der Kaysers hier sogar der Vorzug gegeben werden, und zwar deshalb, weil sie die Frage nach der Entstehung der bituminösen Gesteine nicht berührt, während man bei der Bezeichnung „mit Asphalt getränkter Kalk usw." die Annahme voraussetzen muß, daß eine nachträgliche Imprägnierung vorliege. Andererseits soll hier aber auch der in letzter Zeit viel gebrauchte Name Sapropelkalk nicht Verwendung finden, da er den Begriff einer autochthonen, primären Bildung in sich schließt[3]). Die Entstehungsart soll hier vor der Hand nicht berücksichtigt werden, weshalb hier nur von Asphaltkalken — und teilweise von Asphaltdolomiten — die Rede sein soll.

Dem Bedürfnisse der Technik entsprechend, haben die in der mittelitalienischen Erdöl- und Asphaltzone teilweise schon im Altertume aufgefundenen Asphaltkalklager erst in neuerer Zeit in erhöhtem Maße Beachtung gefunden; doch sind es fast ausschließlich die im Pescaratale liegenden Asphaltkalkvorkommen, die im Wettkampfe mit teils viel reicheren Vorkommen anderer Länder zu einiger Bedeutung gelangen konnten. Einige Zahlen werden dieses veranschaulichen. Die Asphaltkalkvorkommen

[1]) R. Kayser: Chemisch-technische Untersuchungen über Trinidadgoudron. Biebrich 1895. S. 7.

[2]) C. Engler u. H. Höfer: Das Erdöl. Leipzig 1909. II. Band (Geologie des Erdöls). S. 51—53.

[3]) Potonié: Die Entstehung der Steinkohlen und der Kaustobiolithe überhaupt. Berlin 1910.

des Pescaratales nahmen im Jahre 1906 gemäß Camerana [4]) mit 25 554 t an der 131 371 t betragenden gesamten Asphaltproduktion Italiens teil, während die sizilianischen Werke bei Ragusa 105 217 t lieferten. Daher kommt auf die sämtlichen übrigen Asphaltkalkvorkommen eine Produktion von nur 600 t. Hieraus ergibt sich ohne weiteres, daß diese technisch eine nur untergeordnete Bedeutung haben, während sie, vom geologischen Standpunkte aus, teilweise recht weitgehende Beachtung gefunden haben; zu diesen gehört z. B. das Asphaltkalkvorkommen von Castro dei Volsci in der Provinz Rom [5]), innerhalb dessen der Asphaltkalk des Colle della Pece noch besonders von Froetterle [6]) behandelt worden ist, sowie das Asphalt- und Ölvorkommen von Tocco da Casauria [7]). Von den übrigen Asphalt- und Asphaltkalkvorkommen Mittelitaliens sind die Lagerstätten von Colle San Magno, Monte San Giovanni-Campanne, Banco und Filettino zu erwähnen, sämtlich, ebenso wie das von Castro dei Volsci, im Liribecken liegend, ferner die Asphalte von Taranto dei Peligni und Fara S. Martino im Tale des Sangro.

Die Haupt-Asphaltkalkvorkommen des Pescaratales liegen (siehe Fig. 1), nicht allzuweit voneinander in der Nähe der Bahnstation San Valentino-Caramanico der Bahnstrecke Pescara—Rom in der Provinz Chieti, und zwar bei den Ortschaften San Giorgio, Lettomanoppello, Roccamorice, Fonticelli und Torretta, ferner beim Kloster im Tale Santo Spirito und im Tale des Fosso San Angelo bei Acqua fredda (Fig. 2). In den Besitz der zahlreichen Einzelvorkommen teilen sich zwei Gesellschaften, eine deutsche Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Reh & Co. zu Berlin, und eine englische Gesellschaft, Neufchâtel zu London, deren Produktion nur etwa halb so groß wie die der deutschen Gesellschaft ist. Beide Gesellschaften verarbeiten die Asphaltprodukte in Fabriken im Dorfe Scafa, talabwärts am Pescara gelegen.

Orographisch liegt das Asphaltkalkgebiet am nördlichen Abhange der Majella, eines Gebirgszuges der Abruzzen (siehe Fig. 1). Der mit dem Namen Abruzzen belegte Teil des mittleren Apennins besteht aus zwei etwa parallel der Ostküste Italiens verlaufenden Gebirgsketten. Die westliche dieser Ketten ist ein in sich geschlossener Gebirgsrücken, dessen höchste Erhebung der Monte Velino mit 2487 m bildet. Die östliche Kette besteht aus zwei Gebirgsstöcken, dem Gran Sasso d'Italia, dessen höchste Spitze — der Monte Corno — sich bis zu 2921 m erhebt und den höchsten Gipfel der gesamten Apenninen darstellt, und dem südlich davon gelegenen Majella-Gebirge mit dem Monte Amaro (2795 m) als höchster Erhebung. Das Tal zwischen diesen beiden Parallelketten durchfließt in südöstlicher Richtung der Aterno, der Hauptfluß der Abruzzen, der im Gran Sasso-Massiv entspringt. Bei der Einsenkung zwischen dem Gran Sasso d'Italia und dem Majella-Gebirge ändert er seinen Lauf und biegt in einem scharf rechtwinkeligen Knie nach Nordosten um. Nachdem er den östlichen Parallelzug der Abruzzen durchbrochen hat, nimmt er den Namen Pescara an und mündet bei der gleichnamigen Stadt nach weiterem, etwa 45 km langem Laufe in das Adriatische Meer.

Rechts erhält der Pescara drei bedeutendere Nebenflüsse, den Gizio, Orte und Lavino. Der Lavino fließt in nordnordwestlicher Richtung am Nordabfalle der Majella dem Pescara zu, in den er sich dicht unterhalb des Dorfes Scafa ergießt. Seine beiden Quellbäche, der Cusano und der Fosso S. Angelo (siehe Fig. 2), entspringen an den nördlichen Abhängen des Majella-Gebirges und bilden tiefe, bis ins Hochgebirge zu verfolgende Täler von nordwestlich-südöstlicher Richtung. Während der Fosso S. Angelo keinen größeren Zufluß erhält, entsteht der Cusanobach aus zwei Quellen, die sich unterhalb des Ortes Roccamorice vereinigen. Das Tal der westlichen Quelle setzt sich in einem nach Nordosten offenen Bogen nach Südosten weiter fort und geht in das Vallone di Santo Spirito über. Innerhalb des vom Fosso S. Angelo einerseits und vom Cusano und dem Vallone di Santo Spirito andererseits begrenzten Gebirgsstocks liegen die meisten der bisher gemachten Aufschlüsse von Asphaltkalk. Außerhalb der angegebenen Begrenzung sind nur zwei Asphaltkalklager zu nennen, und zwar das von Piano de' Monaci südlich von Lettomanoppello und das von Fonticelli im Vallone Romana, etwa 1,5 km östlich von Lettomanoppello. Einige weitere im Vallone Romana und im Tale des Fosso del Crocefisso gelegene Vorkommen sind untergeordneter Art.

---

[4]) E. Camerana: L'industrie des hydrocarbures en Italie. Rome 1907.

[5]) C. Viola: La Valle del Sacco e il giacimento d'asfalto di Castro dei Volsci in provincia de Roma. 1895. Bull. Com. geol. Ital. 26, S. 136—145 u. Z. f. pr. Geol. 1895, S. 201—204.

[6]) Froetterle: L'asfalto di Colle della Pece nella provincia Romana. Bull. di R. Com. geol. d'Ital. 1873.

[7]) G. di Angelis d'Ossat: Le sorgenti di petrolio a Tocco da Casauria (Abruzzo). Rassegna mineraria, Torino, 1. e. 11. Dicembre 1898.

Der Nord- und Nordostabhang der Majella neigt sich sanft gegen die Ebene des Pescara; der Westhang jedoch fällt steil nach dem Tale von Caramanico zu ein. Die geringe Vegetation der Majella, fast nur aus Gräsern bestehend, gibt, wie auch schon

schen Aufnahme erschienen (Ende 1907 und 1908/09) zwei Abhandlungen von Giattini[10]) und Sacco[11]), die zum Teil ebenfalls das Asphaltkalkgebiet zum Gegenstande haben, und auf die des öfteren Bezug genommen werden wird.

Fig. 1.
Geographische Übersicht von Mittel-Italien
(unter Zugrundelegung des Blattes 103/4 von Andrées Handatlas, 4. Aufl.). — Maßstab 1:1500000.

Deecke[8]) erwähnt, diesem Gebirgsstocke etwas Eintöniges. Das ganze Gebiet ist während der regenarmen Jahreszeit außerordentlich wasserarm. Nur wenige größere Zuflüsse des Lavino führen, abgesehen von seinen beiden Quellarmen, auch in den heißen Sommermonaten Wasser. Über das hier zu behandelnde Asphaltkalkgebiet lag, als ich Mitte des Jahres 1907 in den Abruzzen weilte, neben einigen wenigen Notizen eine kurze, recht klar gefaßte Arbeit von Novarese[9]) vor. Nach Abschließung meiner geologi-

II. Stratigraphisch-paläontologischer Teil.

Kurzer Überblick über den geologischen Aufbau des mittleren Teiles Mittelitaliens.

Mittelitalien gehört geologisch der mesozoischen und der känozoischen Formationsgruppe an, und zwar wird das Küstenland von den jüngeren, die Mitte mit ihren Gebirgen von den älteren Schichten gebildet.

[8]) Deecke: Italien. Berlin 1898, S. 426.

[9]) Vittorio Novarese: I giacimenti di asfalto di San Valentino (Chieti). Rassegna mineraria, Torino 1904, S. 1—4.

[10]) G. B. Giattini: Osservazioni geologiche sopra i terreni terziari di S. Valentino (Chieti) e sopra i loro giacimenti di bitume. 1907. Giornale de Geologica pratica. Perugia, anno V. S. 169 bis 197.

[11]) F. Sacco: Il gruppo della Majella. Reale Academia della Scienze di Torino. 1908/09, Torino.

Vom Mesozoicum ist die Trias nur ganz untergeordnet in schmalen Streifen und im Zusammenhange mit dem stärker ausgebildeten Jura anzutreffen. Auch dieser besteht jedoch nur aus zwei durch Tertiär und Kreide mehrfach unterbrochenen Zügen am östlichen Ufer des mittleren Tiberlaufs, welche die Städte Terni und Rieti einschließen und am Aufbau des M. Terminillo und des Sabinergebirges teilnehmen (siehe Fig. 1).

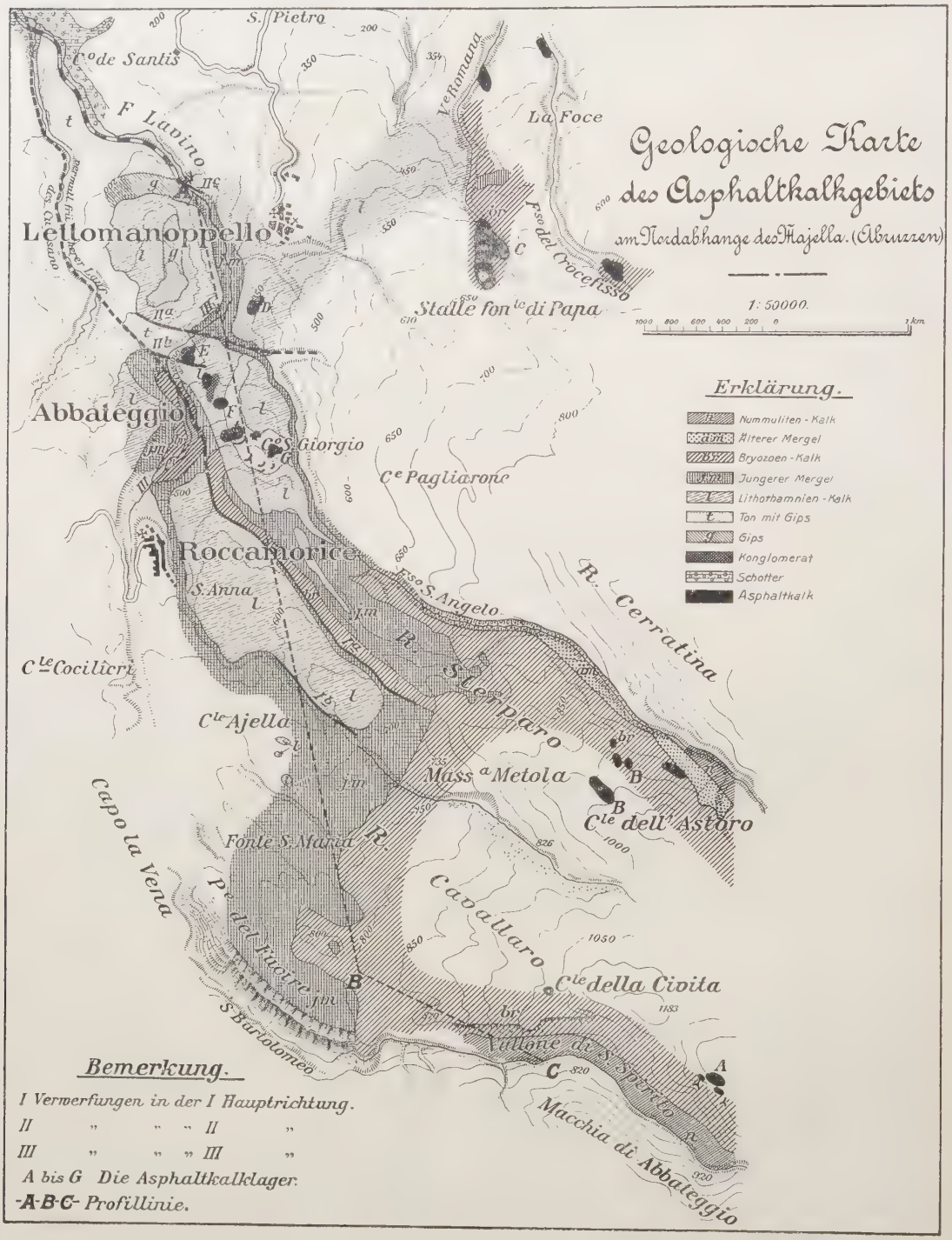

Fig. 2.

Die Kreideformation besitzt in Mittelitalien eine bei weitem größere Ausdehnung und größeren Zusammenhang als der Jura. Sie bildet den Hauptzug der Apenninen und

schließt nur an wenigen Stellen jüngere und ältere Schichten (z. B. im nördlichen Teile Tertiär und Jura) ein.

Der Abfall der Apenninen nach dem Adriatischen Meere wird von tertiären Ablagerungen gebildet. Ein 30—40 km breiter Küstenstreifen besteht aus pliocänen Tonen, Kalken und Sanden. Die Verbindung dieser pliocänen Küstenablagerungen mit den cretacischen Sedimenten des inneren Apennins wird im Norden hauptsächlich durch Eocän, im Süden großenteils durch Miocän hergestellt. Weniger einfach als der Osten zeigt sich der Westen Mittelitaliens in geologischer Hinsicht gegliedert: Die Schichten des Tertiärs wechseln hier vielfach miteinander und sind auch von älteren Formationen, Kreide, Jura und Trias, unterbrochen. Den Küstenrand beherrscht vulkanisches Gestein: Andesite, Trachite (M. Cimio) sowie Laven und Tuffe. Nur einen schmalen Streifen an der Westküste bilden pliocäne (Vatikan), diluviale und alluviale Ablagerungen.

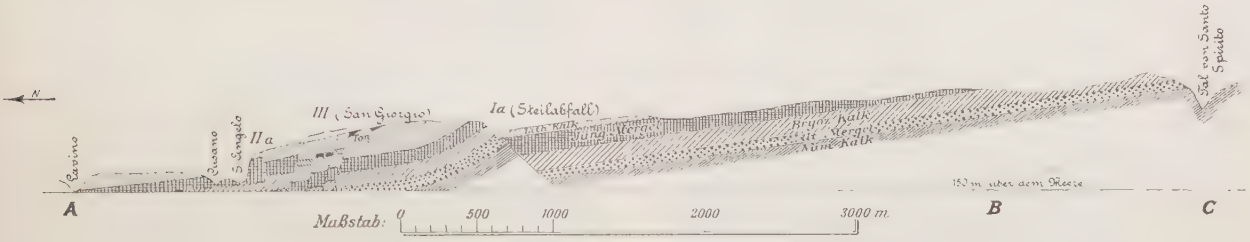

Fig. 3.
Profil durch das Asphaltkalkgebiet am Nordabhange der Majella
(nach der Linie A—B—C in Fig. 2).

Beschreibung der im Asphaltkalkgebiete auftretenden Schichten und der sie bildenden Gesteine.

(Siehe Fig. 2 und 3.)

1. Der Nummulitenkalk (n) = Zone der Nummulina complanata, Nummulina Tchihatcheffi und Nummulina striata.

Die diese Zone bildenden Schichten sind das unterste Glied der im Asphaltkalkgebiete aufgeschlossenen Formationsreihe. Sie treten in dem kartierten Gebiete an drei verschiedenen Stellen auf: Das erste Vorkommen ist das im Fosso S. Angelo nördlich des Colle dell' Astoro, das zweite das nördlich von Roccamorice und das dritte das im Vallone di Santo Spirito.

Das erste Vorkommen (Fosso S. Angelo) besteht aus einem dünnbankigen, hellgelben bis hellgrauen Kalksteine, der, meist dicht und versteinerungsleer, nur auf einzelnen Bänken krystallinische Einsprengungen mit stark glänzenden Flächen sowie außerordentliche Mengen von Nummulitenresten enthält. Nach Novarese (siehe Anmerkung 9) finden sich in diesen Bänken die charakteristischen Nummuliten des Eocäns der Majella: Nummulina complanata von mehreren Zentimetern Durchmesser, begleitet von Nummulina Tchihatcheffi d'Archiac. Auch ich habe in diesen Nummulitenkalken die von Novarese bestimmten beiden Nummuliten feststellen können, außerdem aber Nummulina striata. Meinen Arbeiten dienten hierbei in erster Linie als Anhalt die Monographie über Nummuliten von d'Archiac und Haime[12]), die Monographie über die Nummuliten Ägyptens von de la Harpe[13]) sowie die im geologischen Institut der Universität Breslau befindlichen, von Taeger gelegentlich seiner Arbeiten über das Vertesgebirge[14]) gesammelten und größtenteils bestimmten Exemplare von Nummuliten.

I. Nummulina complanata.

Die Bestimmung wurde zunächst nur an zwei jungen Exemplaren vorgenommen, die allerdings nur in geringem Maße die für N. complanata bezeichnenden Merkmale aufwiesen. Die wenig enge Stellung der Spiralwindungen, die verhältnismäßig kleine Anzahl der Scheidewände und die geringe Größe der Exemplare zeigten weitgehende Unterschiede von der typischen N. complanata. Daß es sich dennoch um N. complanata handelte, bewiesen, abgesehen von der mikrosphärischen Gestalt der Zentralkammer, eingehende Vergleiche mit der bei d'Archiac auf Tafel I unter Nr. II wiedergegebenen Abbildung des Jugendstadiums (s. Anm. 12)

[12]) D'Archiac et Haime: Monographie des Nummulites, Paris 1853.

[13]) De la Harpe: Monographie der in Ägypten und der lybischen Wüste vorkommenden Nummuliten. Palaeontographica. Cassel 1883. 1. Teil.

[14]) Taeger: Die geologischen Verhältnisse des Vertesgebirges. Mitt. aus dem Jahrb. der Kgl. ungar. geol. Anstalt. Budapest 1908.

und mit den von Taeger (s. Anm. 14) bestimmten Exemplaren.

II. Nummulina Tchihatcheffi
(siehe Fig. 4, Tafel).

D'Archiac führt in seiner Beschreibung der N. Tchihatcheffi aus, daß diese mit Nummulina curvispira verwechselt werden könnte, daß sie sich indessen von jener durch mehrere Merkmale unterscheidet, so durch ihre gewölbte Form, ihren mehr abgerundeten Rand, durch das Fehlen der Granulation, die Undeutlichkeit der Leisten und mehr noch durch das Spiralblatt.

Die hier vorliegende N. Tchihatcheffi weist in dem Bau der Kammern einige kleine Unterschiede gegenüber der von d'Archiac beschriebenen Form auf. Die Scheidewände zeigen nicht die charakteristische Gleichmäßigkeit der Abstände voneinander, vielmehr bemerkt man, daß sie teilweise zu je zweien ein wenig näher stehen; ferner ist die Zahl der Scheidewände in einem Viertel der dritten Windung nicht 4, wie d'Archiac schreibt, sondern vielmehr 5—6. Diese Unterschiede mußten dazu führen, einen Vergleich zwischen den hier als N. Tchihatcheffi angesprochenen Exemplaren mit anderen, ähnlichen Arten anzustellen, und zwar war in erster Linie — nach den oben von d'Archiac selbst gemachten Angaben über die Ähnlichkeit der N. Tchihatcheffi mit N. curvispira — der Vergleich mit N. curvispira nicht zu umgehen. Wenn auch die Länge der Scheidewände und ihre ungleiche Entfernung voneinander in der zweiten Windung — Merkmale des N. curvispira — die Sicherheit der Bestimmungen bei dem vorliegenden Exemplar in Zweifel ziehen konnte, so sprachen doch alle anderen Merkmale, so besonders auch die zunehmende Weite der Windungen vom Mittelpunkt und vom Rande der Scheibe nach deren mittlerem Teile, ebenso die überall gleiche Länge der Kammerscheidewände für die sichere Annahme, daß hier eine echte N. Tchihatcheffi vorliegt.

Bemerkt sei noch, daß die von d'Archiac gemachten Angaben über die Anzahl der Scheidewände auch wohl kaum auf genauen, für die ganze Art maßgebenden Beobachtungen beruhen, da in dem Werke von d'Archiac und Haime in der dort auf Tafel I, Nr. 9 gegebenen Abbildung der N. Tchihatcheffi in der dritten Windung der Spira ebenfalls 5 Scheidewände (und nicht 4) in einer Viertelwindung deutlich wahrgenommen werden können.

III. Nummulina striata
(siehe Fig. 5, Tafel).

Die im Werke von d'Archiac (s. Anm. 12) für N. striata gegebene Beschreibung traf in allen Punkten für die vorliegenden Exemplare zu, so daß hier Zweifel ausgeschlossen erschienen. Auch mit den von Taeger gesammelten Exemplaren (s. Anm. 14) konnte Übereinstimmung festgestellt werden.

Giattini (Anm. 10) hat an den Nummulitenkalken von Acqua fredda keine Bestimmungen vorgenommen; dagegen nennt Sacco (Anm. 11) folgende Nummuliten, die Prever in den hier von Sacco gesammelten Belegstücken erkannt hat:

Bruguiera lybica, Br. subvirgilioi, Br. Ficheuri, Paronaea latispira, P. venosa, P. sub-Beaumonti, P. Heeri, P. discorbina, P. subdiscorbina.

Das zweite Vorkommen von Nummulitenkalken, das nördlich von Roccamorice, begleitet etwa 600 m weit den Lauf des Cusanobaches und bildet den untersten Teil der hohen, steilen Wände seines klammartig verengten Tales. Der Nummulitenkalk ist hier ähnlich dem vom Fosso S. Angelo fast vollkommen ohne Versteinerungen, und auch hier sind nur in einzelnen Bänken große Mengen von Nummuliten angehäuft. In diesen Bänken wird der Kalk teilweise durch flache, graue Kieselknollen ersetzt, die ebenfalls Nummuliten enthalten, und in denen diese Fossilien im Querschnitt als weißliche Ellipsen hervortreten .Weder Novarese (vgl. Anm. 9) noch Giattini (Anm. 10) erwähnen dieses kennzeichnende Vorkommen, das sowohl durch seine Stellung in der Schichtenfolge als auch durch seinen Habitus seine Zugehörigkeit zu den Nummulitenkalken beweist.

Eine bestimmte Spezies war unter den kieseligen Nummuliten nicht zu ermitteln; nur die Zugehörigkeit zum Genus Nummulina war an der Gestaltung der Schale deutlich erkennbar. Sacco (s. Anm. 11) führt als von Prever bestimmte Fossilien dieses Vorkommens an:

Paronaea Tchihatcheffi, P. Guettardi, Orthophragmina sella, O. Pratti, O. Marthae, O. Chudeani, O. varians, Alveolina ellipsoidalis, A. lepidula, A. cf. oblonga.

Ein drittes Vorkommen von Kalken, das im Vallone di Santo Spirito, rechnete ich bei meinen geologischen Aufnahmen trotz des Fehlens jeglicher Versteinerungen zur Zone der Nummulitenkalke, weil dies nach meinem Dafürhalten der petrographische Habitus sowie die Lagerungsverhältnisse des Gesteins in vollem Maße rechtfertigten.

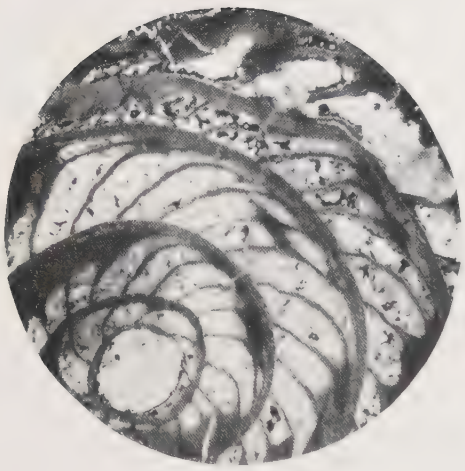

Fig. 4
Nummulina Tchihatcheffi
aus dem vollkommen bitumenfreien Nummulitenkalke des Fosso S. Angelo, Abruzzen.
(Dünnschliff in 20-facher Vergrößerung.)

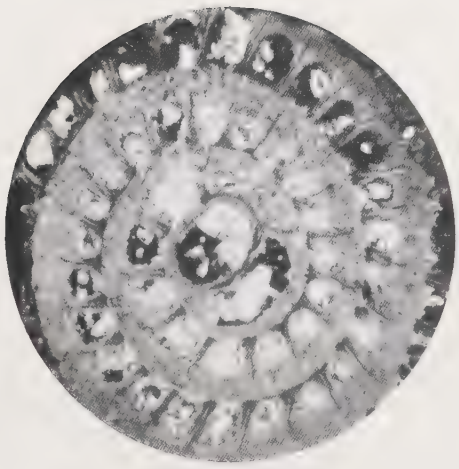

Fig. 5.
Nummulina striata
aus dem vollkommen bitumenfreien Nummulitenkalke des Fosso S. Angelo, Abruzzen.
(Dünnschliff in 60-facher Vergrößerung.)

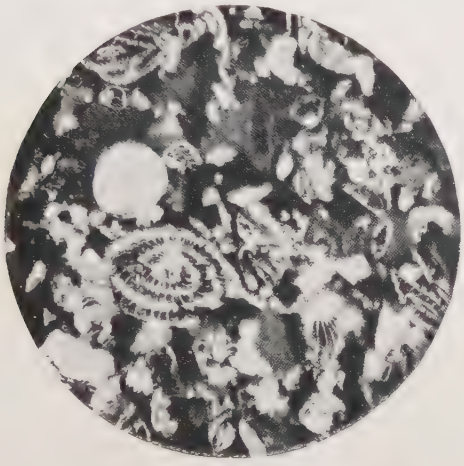

Fig. 6.
Bitumenhaltiger Bryozoenkalk,
grau, körnig, mit reicher Fossilführung.
Rollstück aus dem Cusanobache, Abruzzen.
(Dünnschliff in 20-facher Vergrößerung.)

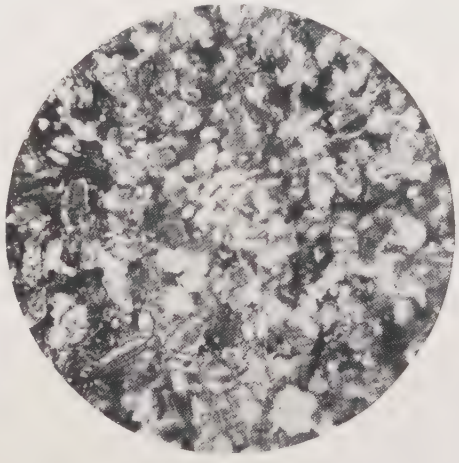

Fig. 10.
Asphaltkalk
von Santo Spirito, Abruzzen.
Die dunklen Stellen deuten Bitumengehalt an.
(Dünnschliff in 30-facher Vergrößerung.)

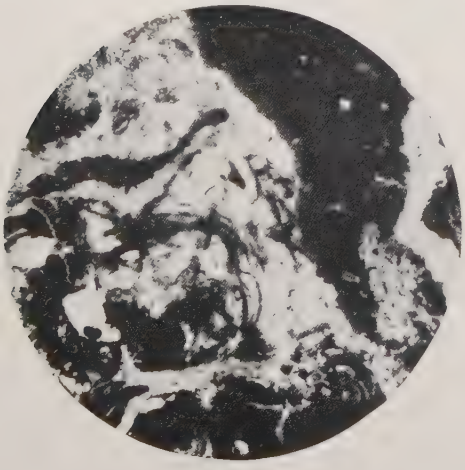

Fig. 14.
Bitumenhaltiger Dolomit
mit Lithothamnium sp. — Zone des Lithothamnienkalkes, Cusano-Grube, Abruzzen. – Die tiefschwarzen Stellen deuten Bitumengehalt an. In der Mitte ist eine Lithothamnie im Querschnitt sichtbar.
(Dünnschliff in 20-facher Vergrößerung.)

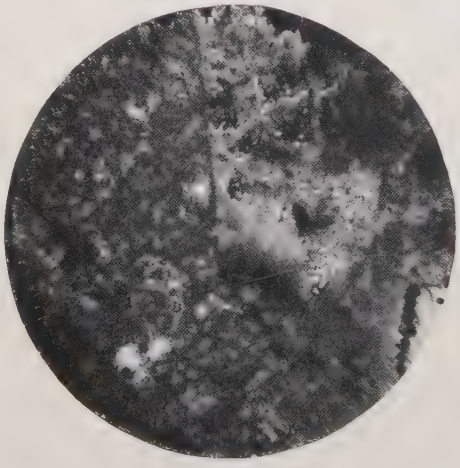

Fig. 16.
Poröser, bitumenhaltiger Kalk.
Cusanotal, Abruzzen. — Die dunkelgrauen Stellen sind weißer, poröser Kalk, die tiefschwarzen Stellen Bitumen.
(Dünnschliff in 20-facher Vergrößerung.)

Während sich Novarese über dieses Vorkommen nicht bestimmt äußert, haben Giattinis Untersuchungen diese meine Annahme bestätigt, indem er oberhalb der erwähnten Kalke einen rötlichgrauen Komplex von Kalken antraf, in denen er kleine Nummuliten, Orbitoiden, Testulariden, Bryozoen, Lithothamnien und Echiniden feststellen konnte.

Sacco (Anm. 11) nennt einige von Frau Gentile [15]) in den Kalken von Manoppello bestimmte Spezies, wobei es sich nach Saccos Ansicht um Nummulitenkalke des Lavinotales handelt. Hierzu ist jedoch zu bemerken, daß hier das Lavinotal nicht gemeint sein kann, da Nummulitenkalke in diesem nicht aufgeschlossen sind, sondern höchstwahrscheinlich das Tal von Santo Spirito, also das oben beschriebene dritte Vorkommen. Die erwähnten Spezies sind: Nummulina garganica, N. italica, N. perforata, N. subgarganica, N. Tchihatcheffi. Die Mächtigkeit der Nummulitenkalke ist mit rund 80 m anzunehmen.

Die Nummulitenkalke im Tale von Santo Spirito, so genannt nach dem im oberen Teile des Tales liegenden Kloster, enthalten die ebenfalls mit dem Namen dieses Klosters belegten Asphaltkalkvorkommen.

2. Der ältere Mergel (ä m).

Die Nummulitenkalke sind stellenweise bedeckt von einem dünnbankigen Mergel von hellgelber bis graubrauner Farbe. Innerhalb des Kartengebietes besitzt dieser im Tale des Fosso S. Angelo, wo er auf etwa 2,5 km den Flußlauf begleitet, eine ziemlich weite Verbreitung. Seine Mächtigkeit beträgt hier etwa 80 m. Daß der ältere Mergel eine lokale Bildung ist, beweist das fast vollständige Zurücktreten dieser Schicht an anderen Stellen, an denen Nummulitenkalke anstehen, z. B. im Vallone di Santo Spirito im südöstlichen Asphaltkalkgebiete, wo er nicht mit Sicherheit bestimmt werden konnte, und im Tale des Cusano, wo er überhaupt nicht als Bedeckung der hier ziemlich deutlich erkennbaren Nummulitenkalke angetroffen worden ist.

Versteinerungen habe ich innerhalb des von mir kartierten Gebiets in dem älteren Mergel nicht gefunden; auch Novarese nennt ihn versteinerungsleer. Giattini hat nach seiner Angabe in diesen älteren Mergeln am Fosso Campanna kleine Fossilien entdeckt, an denen man „mit Mühe eine Ähnlichkeit mit kleinen Cerithien bemerken konnte“, ferner an dem Maultierwege von Acqua fredda nach Acqua del Tasso einen Kalk mit kieseligen Einschlüssen sowie mit mikroskopisch kleinen Globigerinen und Rotalinen. Die Kieselschichten enthielten zahlreiche Echiniden, anscheinend dem Genus Linthia angehörig. Wenn es auch im Bereiche der Möglichkeit liegt, daß diese älteren Mergel örtlich fossilführend sind, so ist doch andererseits die Vermutung nicht von der Hand zu weisen, daß es sich hier um eine Verwechslung mit dem tatsächlich fossilführenden jüngeren Mergel handelt. Auch bei dem von Sacco (Anm. 11) genannten Kalkmergelschiefer mit einigen Fossilien handelt es sich offenbar um jüngeren Mergel, was vor allem aus der Angabe der Fundpunkte klar hervorgeht. Hiervon wird noch später bei Beschreibung des jüngeren Mergels die Rede sein. Innerhalb des Kartengebietes ist jedenfalls eine Fossilführung im älteren Mergel nicht nachgewiesen.

3. Die Bryozoen-Kalke (br).

(siehe Fig. 6, Tafel).

Über dem älteren Mergel folgt eine ungefähr 80 m starke Schicht von Kalksteinen. Petrographisch bestehen diese aus einem graugelben bis dunkelgrauen kohlensauren Kalke, der gewöhnlich in dichter Grundmasse kleine weißliche Kalkspatkrystalle und anders gefärbte Kalkteilchen eingesprengt enthält. Diese Kalke hat schon Novarese wegen ihres Reichtums an Bryozoenresten Bryozoenkalke genannt. Sie haben innerhalb des kartierten Gebietes eine außerordentliche Verbreitung. Abgesehen von den Vorkommen östlich von Lettomanoppello im Cusanotale, im Fosso S. Angelo und östlich von Roccamorice am Steilabfalle der Rocca Sterparo, bildet der Bryozoenkalk die Bedeckung des ganzen südöstlichen Höhenrückens zwischen dem Fosso S. Angelo und dem Vallone di Santo Spirito. An Versteinerungen enthalten die Bryozoenkalke außer Bryozoen (Bryozoi celleporidi) noch Heterosteginen und Fischzähne (von Carcharoden und Oxyrhina). Auch sind in dieser Schicht bei Fonticelli einige Selachier-Zwischenwirbel von 12 cm Durchmesser gefunden worden.

Zwischen und auf Schichten des Bryozoenkalks liegen die Asphaltkalkvorkommen von Acqua fredda im Tale des Fosso S. Angelo, von Fonticelli im Vallone Romana sowie die im Tale des Fosso del Crocefisso.

4. Der jüngere Mergel (j m).

Fast überall wird der Bryozoenkalk von einem meist gelblichgrauen Mergel über-

---

[15]) G. Gentile: Su alcune Nummuliti dell' Italia Meridionale. Mem. R. Acc. Sc. Napoli. XI. serie 2 a, 1901.

lagert, der bis 80 m Mächtigkeit erreicht und nach meinen Feststellungen an Versteinerungen unter anderem Cardiaster sp. und Blattabdrücke enthält. Sein Hauptvorkommen schließt sich im kartierten Gebiete an das des Bryozoenkalks am südlichen Ufer des Fosso S. Angelo nach Nordwesten zu an. Außerdem bildet er vor allem die Talsohle und die unteren Schichten der Steilabfälle des Lavino. In diesem Mergel herrscht bald Kalk, bald Sand vor, so daß sich in ihm verschiedene Bänke feststellen lassen. Nach Giattini (Anm. 10) folgen von unten nach oben: a) harte, hellgraue Mergel, b) mergelige Kalke, mit dünnen kieseligen und reine Kieselnieren sowie Spongienreste einschließenden Schichten wechsellagernd, c) sandige Mergel (molasseartig) mit Pecten adiunctus und Terebrateln, d) mergelige Kalke von perlgrauer Farbe und mit muscheligem Bruch, e) grauer Mergel mit Pecten, Echinoiden und Fucoiden. Die von Sacco (Ann. 11) genannten grauen Kalkmergelschiefer (siehe oben unter 2, älterer Mergel) stehen im Cusanotale und im Lavinotale an, und zwar über den Bryozoenkalken, so daß sie unzweifelhaft als jüngere Mergelbildungen anzusehen sind. Hierfür sprechen auch die in ihm von Sacco festgestellten Fossilien (Zoophycos, Cylindriten, Echiniden, Torudo, Gryphaea und Pecten).

5. Die Lithothamnien-Kalke (l).

Die größte Verbreitung im kartierten Gebiete zeigt neben den Bryozoenkalken eine auf die jüngeren Mergel folgende Kalkschicht von ebenfalls ungefähr 80 m Gesamtmächtigkeit. Infolge des massenhaften Auftretens einer Kalkalgenart (Lithothamnium sp.) hat diese Schicht den Namen Lithothamnienkalke erhalten.

Petrographisch sind diese Lithothamnienkalke ein schaumiger bis poröser, nur selten einzelne kleine Krystallflächen einschließender Kalkstein von fast stets blendend weißer Farbe. Außer den genannten Kalkalgenresten, die den hauptsächlichen Bestandteil der ganzen Schicht zu bilden scheinen, haben die italienischen Geologen Dr. G. di Stephano und G. de Angelis d'Ossat (vgl. Novarese, Anm. 9) noch folgende Versteinerungen festgestellt: Gryphaea navicularis Br. sp., Pecten cristatus Bron., Flabellum extensum, Ostrea digitalina, Tugurium postextensum Sacc., Lucina globulosa Desh., Chlamys latissima Brocc., Carcharodon megalodon Agass., Odontaspis cuspidata Agass.

Der Lithothamnienkalk bedeckt im kartierten Gebiete besonders die Höhen am Oberlaufe des Lavino und den nördlichen Teil sowie die Mitte des von seinen beiden Quellarmen umgebenen Gebirgszipfels. In einem Teile dieses Gebirgszipfels ist lokal den Lithothamnienkalken eine etwa 1 m mächtige, auch von Giattini (Anm. 10) erwähnte Kalkbank mit massenhaften Einschlüssen von Ostrea cochlear. aufgelagert, die hier jedoch noch zu den Lithothamnienkalken gerechnet werden soll. Gemäß Giattini enthält diese Bank außerdem einige schlecht erhaltene Zweischaler, wie Nucula, Mytilus und Nassa.

Zu den Schichten der Lithothamnienkalke gehören die Asphaltkalkvorkommen von Piano de' Monaci (südlich Lettomanoppello) und von Cusano Tiefbau am östlichen Ufer des mittleren Cusanolaufes. Auffällig ist in diesen Asphaltkalkvorkommen der hohe Gehalt an kohlensaurer Magnesia (24—32 Proz.), der, wenn auch in geringerem Maße, auch den bitumenfreien Lithothamnienkalken eigen ist, so daß diese eigentlich als Dolomite anzusprechen sind.

6. Tone (t) und Gipse (g).

Dem Alter nach folgt auf die Schichten der Lithothamnienkalke eine mächtige Schicht von Tonen und Gipsen. Die Gipse erscheinen bald in Anhäufungen von wasserklaren Schwalbenschwanzkrystallen (in den Tonschichten des Tagebaus von San Giorgio), bald in gelblichgrauen und kompakten krystallinen Massen, z. B. im Cusanotale. Wie auch Novarese berichtet, besteht ein drittes Vorkommen von Gips in einer feinkrystallinen, alabasterartigen Gipsbank, die in der Grube San Giorgio von dem tiefsten Stollen angefahren wurde.

Gemäß Novarese wurden seinerzeit zwischen den Tonen zu San Giorgio Schichten von mergeligen Tonen gefunden, deren Oberflächen vollständig mit kleinen Bivalven bedeckt waren. Dr. G. di Stephano bestimmte sie als Dreissensia simplex Barbot und Cardium solitarium Krauss.

Neben den Gipsen bilden einen weiteren, wenn auch selteneren Einschluß der Tone dieser Schicht Nieren und Schnüre von krystallinem Schwefel; auch berichtet Novarese von Bänken und großen linsenförmigen Massen einer Kalkbreccie, die hart und widerstandsfähig ist und zwischen den Tonrutschungen fast immer dislociert auftritt.

Tone mit Gipseinschlüssen finden sich im kartierten Gebiete sowohl auf dem Gebirgsstock zwischen Cusano und Fosso S. Angelo als auch im Cusanotale und nördlich davon im Tale des Lavino. An einigen

Stellen tritt der Ton als Umhüllung des Gipses ganz zurück. Der Gips (g) erscheint dann in mächtiger felsiger Ausbildung. So besteht die nördliche Begrenzung des Lithothamnienkalkes am westlichen Ufer des Lavino und die Steilwand westlich davon fast vollkommen aus Gips, ebenso die Höhe südlich des zweiten o im Worte Lettomanoppello in Fig. 2. Nordöstlich dieser Höhe mündet in den Lavino eine stark schwefelhaltige Quelle.

Giattini (Anm. 10) erwähnt auch das Auftreten von Cölestin, und zwar als mineralogisch wichtig das Zusammenvorkommen von Schwefel- und Cölestinkrystallen. Außerdem hat Giattini die Aufeinanderfolge der vorstehend genannten einzelnen Unterschichten innerhalb der Ton- und Gipszone genau festgestellt. Da diese Aufzählung nur ganz lokale Bedeutung hat, und da die Aufeinanderfolge hier von ganz unwesentlichen, teilweise wahrscheinlich sogar nachträglichen Einflüssen abhängig war, so erübrigt sich die Wiedergabe dieser Tabelle. Die Asphaltkalklager von San Giorgio und Torretta lagern auf Lithothamnienkalken auf und besitzen als Deckschicht gips- und schwefelhaltigen Ton.

7. Das Konglomerat (k).

Zu erwähnen sind ferner zwei Vorkommen von einem Konglomerat, das in beiden Fällen mit einer Mächtigkeit von 4—5 m auf dem gipsführenden Tone auflagert. Petrographisch besteht es aus teilweise ziemlich großen Kalkbrocken, die durch ein kalkiges, mehr oder weniger kleinkörniges Bindemittel verkittet sind. Die Kalkbrocken sind ein dichter, hellgrauer Kalk mit muscheligem Bruch. Fossilien sind darin nicht ermittelt worden.

Das erste Vorkommen von Konglomerat befindet sich auf dem Kartenblatte Fig. 2 als schmaler Streifen mitten auf der Gebirgsnase zwischen Cusano und Fosso S. Angelo, das zweite Vorkommen am östlichen Ufer des Cusano. Mehrere ganz untergeordnete Vorkommen sind auf den Tonen und Lithothamnienkalken der vorerwähnten Gebirgsnase anzutreffen.

Geologische Altersbestimmung der Schichten.

1. Der Nummulitenkalk.

Wie schon Novarese in seinen Ausführungen (vgl. Anm. 9) erwähnt, ist die älteste der im Asphaltkalkgebiete der Abruzzen bekannten Formationen Eocän, das auf der Höhe des mittleren Apennins, etwa bei Sulmona, in Diskordanz mit dem Mesozoicum angetroffen worden ist[16]). Gebildet wird das Eocän des Asphaltkalkgebietes von jenen hellgelben bis hellgrauen und rötlichen Kalksteinen, die als unterstes Glied der Schichtenreihe beschrieben und wegen der in ihnen auftretenden Fossilien Nummulitenkalke genannt wurden.

Wie vorstehend ausgeführt, habe ich in den Nummulitenkalken von Acqua fredda die Nummuliten Nummulina complanata, N. Tchihatcheffi und N. striata festgestellt.

Nach Lapparent[17]) ist der Nummulites complanatus in Italien (Vizentia) für die oberste Stufe des Lutétien bezeichnend, also, da Lapparent (Traité de Géologie, S. 1489) das Eocän in 4 Horizonte:

4. Bartonien.
3. Lutétien.
2. Yprésien,
1. Landénien,

einteilt, bezeichnend für die obersten Schichten des zweithöchsten Horizonts des Eocäns. Er nennt den N. complanatus gemeinsam mit N. perforatus und Assilina spira als Fossilien des „Calcaire de San Giovanni Ilarione“ als der obersten (sechsten) Stufe der „étage lutétien dans le Vicentin“.

Auch Douvillé[18]) bezeichnet die großen Nummuliten als die Leitfossile der obersten der drei Stufen des Lutétien. Andererseits führt Lapparent (Traité de Géologie, S. 1542)[19]) den N. Tchihatcheffi als ein für das Bartonien des Monte Gargano charakteristisches Fossil an, und zwar gemeinsam mit N. striatus, Assilina granulosa und Orbitoides sella.

Aus diesen Angaben folgt also, daß von den drei Nummuliten, die ich in einer einzigen Bank fand, der eine im Vicentin für das Lutétien, die beiden anderen für das Bartonien des Monte Gargano bezeichnend sind. Der Widerspruch, den man hierin erblicken kann, und den ich zunächst auch feststellen zu müssen glaubte, erklärt sich schon aus dem Umstande, daß sich gerade die einzelnen Schichten des Hauptnummulitenkalkes des Vicentins gemäß Oppenheim[20]) schwer durchgreifend nach ihren Nummulitenformen trennen lassen, da an-

---

[16]) M. Cassetti: Relivamento geologico nell Abruzzo Aquilano e in terra di Lavoro eseguito nel' 1897 (Boll. Com. Geol. Ital. 29. 122—138. 1898.

[17]) Lapparent: Traité de Géologie. Paris 1906. S. 1528.

[18]) H. Douvillé: Sur le terrain nummulitique à Biarritz et dans les Alpes. Bull. Soc. de France, 40 ser. A. III. 1903, S. 149—154.

[19]) Entnommen aus G. di Stefano: Osservatione nella Calabria settentrionale. 1904.

[20]) P. Oppenheim: Über die Nummuliten des Venetianischen Tertiärs. Berlin 1894.

scheinend facielle Verschiedenheiten hier stark mitsprechen. Oppenheim zerlegt nämlich das Nummulitengebiet des Vicentino einschließlich der Colli Berici nach seinen Nummuliten in drei große, ziemlich scharf geschiedene Gruppen: a) die Tuffe und Kalke des Spileccosystems mit N. planulataähnlichen Formen (N. Bolcensis Mun.-Chalm. und N. Spileccensis Mun.-Chalm.), b) den Hauptnummulitenkalk und -Tuff mit N. biarritzensis d'Arch., N. Gizehensis Ehrenb., N. irregularis Desh. (= N. Pratti d'Arch.), N. complanata Lam., N. perforata d'Orb., N. curvispira Menegh., N. Lucasana Defr., N. Tchihatcheffi d'Arch., N. striata d'Orb. und in c) die dritte Nummulitengruppe, die Priabonastufe und das Oligocän umfassend, mit N. Fichteli Mich. und N. intermedia d'Arch. Bei dem Hauptnummulitenkalk (b) bezeichnet Oppenheim die drei ersten in dieser Stufe gefundenen Nummuliten mit ihren Begleitformen als im allgemeinen charakteristisch für die unteren, die übrigen Arten für die oberen Schichten des Systems. Wenn also einerseits die von mir im Nummulitenkalke des Asphaltkalkgebietes festgestellten Nummuliten von Oppenheim sämtlich in den unteren Schichten des Hauptnummulitenkalkes des Vicentins gefunden wurden, so darf es andererseits nicht als Unstimmigkeit angesehen werden, wenn an anderen Punkten N. complanata einerseits und N. Tchihatcheffi sowie N. striata andererseits in verschiedenen Horizonten des Nummulitenkalks auftreten. Die einzelnen Nummulitenarten haben überdies in den verschiedenen Hauptverbreitungsgebieten in stratigraphischer Hinsicht einen verschiedenen Wert — siehe Oppenheim (Anm. 20), S. 24 —, weshalb es ohne weiteres angemessen erscheint, zu Parallelisierungen nur die örtlich nächsten Nummulitenvorkommen heranzuziehen. Danach wird zunächst N. striata, die nach A. Heim [21]) für das Lutétien des Pilatus kennzeichnend ist und nach Oppenheim (Numm. des Venet. Tertiärs, S. 24) auch in Ungarn ein gesondertes Niveau einnimmt, hier als unwichtig für die Bestimmung des Horizonts aus der Betrachtung ausscheiden müssen, da sie z. B. schon in Nordostitalien nicht zur Charakterisierung der beiden Niveaus des Hauptnummulitenkalks dienen kann (Oppenheim, S. 19), während für noch weiter südlich liegende Örtlichkeiten, z. B. Mittelitalien, bisher jeder Anhalt für die Horizontbeständigkeit der N. striata fehlt. Was die beiden anderen Nummuliten, N. complanata und N. Tchihatcheffi, anbetrifft, so wird für die Bestimmung des Nummulitenkalkhorizonts des Asphaltkalkgebietes weniger von Bedeutung sein, daß sie beide in Ungarn den dritten Horizont der Priabonastufe, also den höchsten Horizont des Obereocäns, kennzeichnen und demnach hier das obere Bartonien anzeigen, als daß sie im Vicentin für die obersten Schichten des Hauptnummulitenkalks charakteristisch sind, also für Schichten unmittelbar unter den Priabonaschichten, etwa für das unterste Bartonien oder das oberste Lutétien. Wenn nun endlich bei der Entscheidung der Frage, ob unsere Nummulitenkalke dem Lutétien oder Bartonien angehören, noch berücksichtigt wird, daß auch nach Prever [22]) N. complanata und N. Tchihatcheffi sowohl im Lutétien als auch im Bartonien vorkommen, so kann hier nur die oben wiedergegebene Feststellung Lapparents (vgl. Anm. 19), daß N. Tchihatcheffi für das Bartonien des Monte Gargano charakteristisch ist, als Anhalt dafür herangezogen werden, daß es sich bei dem Nummulitenkalkvorkommen von Acqua fredda um eine Kalkbank handelt, die, wenn sie nicht sogar dem Bartonien selbst angehört, so doch den obersten Schichten des Lutétien zuzuschreiben ist. Um sicher zu gehen, dürfte daher als Horizont dieses Vorkommens die Grenze zwischen Lutétien und Bartonien anzugeben sein.

Dieses gilt auch von den beiden übrigen Nummulitenkalkvorkommen des Asphaltkalkgebietes, bei denen ebenfalls N. Tchihatcheffi als maßgebendes Fossil festgestellt worden ist (siehe S. 12/13 der Abhandlung).

Hiermit wird auch der Ansicht Saccos (vgl. Anm. 11) Rechnung getragen, der die von Meneghini [23]) als Nummuliten der Majella angegebenen Formen: Nummulites variolaria, N. discorbina, N. Tchihatcheffi, N. globosa, N. obesa, N. planospira, N. exponens und Alveolina ovata, ferner die von d'Archiac und Haime (Anm. 12) genannten Formen:

Nummulites complanata, N. Carpenteri, N. latispira, N. Tchihatcheffi, N. discorbina, N. cf. Ramondi, N. biarritzensis, N. striata, N. laevigata, N. Brogniarti, N. Molli, Assilina exponens, A. granulosa, A. spira,

[21]) A. Heim: Die Nummuliten- und Flyschbildungen der Schweizer Alpen. Abhandl. d. Schweizer geol. Ges. Vol. XXXV, 1908; Zürich 1908.

[22]) P. L. Prever: Considerazioni sullo studio delle Nummuliti, Boll. Soc. geol. ital. 22, 461—487. Roma 1903.

[23]) Savi e Meneghini: Memoria sulla struttura geologica delle Alpi. Apennini, Carpazi. Considerazioni sulla Geologia stratigrafica della Toscana. Firenze 1851.

und die von Tellini [24]) angeführten Fossilien: Nummulites complanata, N. gizehensis, N. biarritzensis, N. discorbina, N. Montis fracti, N. Melii, N. Tchihatcheffi u. a. als die für das mittlere und obere Parisien (= Lutétien) charakteristische Fauna bezeichnet, die allerdings verschiedene Anklänge an das Bartonien erkennen lasse. Nach Saccos (siehe Anm. 11) Ansicht kommt dies daher, daß viele Formen, die früher ausschließlich als dem Bartonien zugehörig angesehen wurden, tatsächlich bereits im Parisien erscheinen, und er erklärt es damit, daß einzelne Schichten, welche Fossilien lieferten, tatsächlich dem Bartonien zugeschrieben werden können, umsomehr, als verschiedene Stücke mit oben genannten Nummuliten als Rollstücke gefunden wurden und somit auch sehr gut von oberen Schichten herrühren können. Diese letztere Möglichkeit liegt hier nicht vor, da die maßgebenden Belegstücke aus anstehendem Gestein entnommen sind; wieweit die erstere Behauptung Saccos für das engere Asphaltkalkgebiet zutrifft, werden weitere Untersuchungen ergeben müssen.

2. Der ältere Mergel (ä m).

Nachdem durch Festlegung des Alters der Nummulitenkalke die Grundlage für die weiteren Untersuchungen gegeben ist, wird, ehe auf die älteren Mergel eingegangen wird, zunächst das Alter der Bryozoenkalke festzustellen sein.

3. Der Bryozoenkalk (br).

Die in den Bryozoenkalken bestimmten Bryozoen (Bryozoi celleporidi) treten nach Feststellungen G. de Angelis' auch in den Lithothamnienkalken auf, (vgl. Anm. 7), so daß sie hier nicht als Mittel zur Altersfeststellung dienen können. Besseren Anhalt gewähren hierfür andere Fossilien, die G. de Angelis d'Ossat (Anm. 7) in der Umgebung der Grube von Santo Spirito festgestellt hat, und die nach Novarese (Anm. 9) augenscheinlich aus dem Bryozoenkalke stammen. Diese Versteinerungen sind:

Lithothamnium sp.
Pericosmus latus Herblot.
Gryphaea navicularis Br.
Pecten Koheni Fuchs.
Venus multilamella Lk.
Carcharodon megalodon Agass.
Odontaspis cuspidata Agass.
Odontaspis contordidens Agass.
Oxyrhina hastalis Agass.
Oxyrhina Desorii Agass.
Galeocerdo aduncus Agass.
Hemipristis serra Agass.
Sphyrna prisca Agass.
Chrysophrys cincta Agass.

Hiervon gehören nach Lapparent (Traité de Géologie S. 1609) Carcharodon megalodon dem Vindobonien Frankreichs, also dem Mittelmiocän, an, während Venus multilamella (Traité Géol. S. 1624/28) der Sarmatischen Stufe Belgiens und Italiens, mithin dem oberen Miocän, eigentümlich ist. Außerdem enthalten die Bryozoenkalke, wie auch schon Novarese (S. 2 bei Novarese vgl. Anm. 9) festgestellt hat, Heterostegina sp., die nach Lapparent z. B. für das Tortonien Kalabriens, also die zweite Mediterranstufe, charakteristisch ist. Aus alledem ergibt sich, daß die Bryozoenkalke des Asphaltkalkgebietes mit großer Wahrscheinlichkeit der II. Mediterranstufe zuzuschreiben sind. Zur Erläuterung mag nachstehende Zusammenstellung dienen:

		Deutsche Bezeichnung	Franz. Bezeichnung	
Pliocän		Levantinische Stufe Pontische Stufe		
Miocän	oberes	Sarmatische Stufe	Sarmatien	
	mittleres	II. Mediterranstufe Schlier	Tortonien Helvétien	Vindobonien (Mittelmiocän)
	unteres	I. Mediterranstufe	Burdigalien	

Zu 2. Somit ist auch ein Anhalt für das Alter des älteren Mergels gegeben, der, zwischen oberem Eocän und mittlerem Miocän liegend, demnach dem Oligocän oder aber dem unteren oder sogar schon dem mittleren Miocän angehören müßte. Novarese (vgl. Anm. 9) läßt diese Frage ganz unberührt, scheint ihn jedoch dem unteren Miocän zurechnen zu wollen. Zwischen Eocän und Alluvium stellt er eine vollständigkeit der Schichtenreihe fest, da auf das Eocän Miocän, Pliocän, Quartär und Alluvium folgten. Das Fehlen des Oligocäns läßt Novarese unberücksichtigt. Auch an

[24]) A. Tellini: Le nummuliti della Majella usw. Bollettino Soc. Geol. Ital. vol. IX, 1890. — A. Tellini: Apendice paleontologica alle „Osservazioni geologiche sul gruppo della Majella" di P. Moderni. Boll. Soc. Geol. Ital., vol. XXII, 1891.

einer anderen Stelle seiner Abhandlung bringt Novarese zum Ausdruck, daß von den jüngsten Schichten bis zum Eocän in der ganzen Serie kein Hiatus zu bemerken sei.

Zunächst muß angenommen werden, daß am Nordabhange der Majella das Oligocän tatsächlich nicht ausgebildet ist, während es z. B. in anderen Gegenden des mittleren Apennins auftritt. Sacco beschreibt in seinem Werke: L'Apennino settentrionale e centrale[25]) ausdrücklich sämtliche Stufen des Tertiärs mit Einschluß des Oligocäns. Ferner gibt G. de Angelis [26]) an, daß am Ostabhange der Majella auf das Eocän diskordant ein mächtiger und mannigfaltiger Komplex von Ablagerungen des mittleren Miocäns in Gestalt von mergeligen Kalken folge.

Auch für den Nord-Abhang der Majella ist diese Diskordanz zwischen Eocän und Miocän anzunehmen und mit der im oberen Eocän einsetzenden Gebirgsfaltung (siehe Teil III, b dieser Arbeit) zu erklären. Daß diese Diskordanz nicht oder nur undeutlich im Asphaltkalkgebiete in Erscheinung tritt und von Novarese unerwähnt geblieben ist, hat seinen Grund darin, daß der ältere Mergel wenig oder nicht bankig ausgebildet ist, und daß in den Flußtälern, in denen man ausschließlich die Aufeinanderfolge der Schichten erkennen kann, die Erosion stark hervortritt. Im Cusanotale, wo Nummulitenkalk ohne Mergelmittel an den Bryozoenkalk grenzt, war diese Diskordanz überhaupt nicht festzustellen; dagegen habe ich sie im Fosso S. Angelo zwischen den Nummulitenkalken und dem älteren Mergel im Flußbette erkannt (siehe Fig. 7).

Fig. 7.
Diskordanz zwischen dem Nummulitenkalk und dem älteren Mergel im Fosso S. Angelo

Da das Asphaltkalkgebiet in der oligocänen Faltungsperiode Festland war, wie sich aus der vorerwähnten Diskordanz ergibt, ist der das Eocän diskordant überlagernde ältere Mergel (ä. m.). Miocän. Ob er dem Mittel- oder Untermiocän einzureihen ist, muß aus Mangel an nachweislich ihm angehöriger Fossilführung unentschieden bleiben. Wahrscheinlich gehört er dem Untermiocän, also der I. Mediterranstufe an, da die Bryozoenkalke und die folgenden zwei Schichten der II. Mediterranstufe anzugliedern sind. Vielleicht stellt der ältere Mergel auch den nach Suess [27]) unter anderem auch in den Apenninen vorkommenden und zwischen der I. und II. Mediterranstufe eingeschalteten Schlier dar, der nach Suess das Bild eines großen ersterbenden Meeres liefert (Antlitz der Erde, S. 406). Im vorliegenden Falle würde der Schlier allerdings nicht auf eine Regression, sondern, da eocäne Rollstücke nur in kleiner Anzahl in den Flußtälern auftreten, eher auf eine der oligocänen Festlandszeit folgende Ingression hindeuten, die einen Hiatus zwischen Eocän und Miocän ohne deutliche Diskordanz bewirkte. Die bei Suess vom Schlier gegebene Beschreibung trifft jedenfalls in den meisten Punkten für den älteren Mergel zu.

Auch möge hier sogleich auf die von Sacco [28]) mehrmals aufgerollte eomiocäne Frage kurz eingegangen werden. Wenn Sacco in den über den Nummulitenkalken anstehenden Schichten wegen ihres jungen Aussehens und wegen ihrer typisch miocänen Fossilien miocäne Ablagerungen erkennt, diese aber dennoch dem oberen Eocän zuschreiben will, da ihre regelmäßige Entwickelung im Anschluß an das Eocän ihn hierzu veranlaßt, so ist dem entgegenzuhalten, daß das Fehlen einer Diskordanz ganz und gar nicht das Vorhandensein eines Hiatus ausschließt und daß dieser Hiatus meines Erachtens als im Asphaltkalkgebiete bestimmt vorhanden anzusehen ist, und zwar zwischen eocänen Nummulitenkalken einerseits und älterem Mergel (Schlier oder I. Mediterranstufe) andererseits.

4. Der jüngere Mergel (j m).

wird erst nach den Lithothamnienkalken (5) bezüglich seines Alters einer Betrachtung unterworfen werden.

5. Die Lithothamnienkalke (l).

Die Lithothamnienkalke führen nach G. de Angelis (siehe Anm. 7) folgende Fossilien:

(Lithoth.-Kalke von Lettomanoppello)
Lithothamnium sp.
„Bryozoi celleporidi"

[25]) F. Sacco: L'Apennino settentrionale e centrale, Turin 1904. (Libraire Chausen-Rinck, Turin.)

[26]) G. de Angelis d'Ossat: Il Miocene nel versante orientale della Montagna della Majella, Boll. Soc. Ital. vol. XXV, p. 665—668. Roma 1906.

[27]) E. Suess: Das Antlitz der Erde. Prag-Leipzig 1885. I. Bd., S. 403.

[28]) Vgl. Anm. 11 und F. Sacco: La questione oemiocenica del Apennino. Boll. Soc. Geol. Ital. XXV, 1906.

Tugurium postextensum Sacc.
Ostrea digitalina Dub.
Gryphaea navicularis Br.
Pecten (Chlamys) cristatus Bron.
Chlamys latissima Brocc.
Lucina globulosa Desh.
Carcharodon megalodon Agass.
Odontaspis cuspidata Agass.

Von diesen gehört u. a. Pecten cristatus allerdings dem italienischen Sarmatien (Obermiocän) an, (Lapparent vgl. Anm. 17, S. 1628), der schon im Bryozoenkalke festgestellte Carcharodon megalodon kennzeichnet den Lithothamnienkalk dagegen als dem Mittelmiocän angehörig. Der Lithothamnienkalk dürfte daher die oberste Schicht dieser Stufe bilden.

Die ganze Formationsreihe vom Bryozoenkalke bis zum Lithothamnienkalke ist also mittelmiocän zu nennen, einschließlich des zwischen beiden liegenden jüngeren Mergels (siehe oben 4).

6. Tone und Gipse (t und g).

Die auf die Lithothamnienkalke dem Alter nach folgenden Tone und Gipse sind nach Novarese (vgl. Anm. 9) obermiocänen Alters.

Diese Ansicht belegt Novarese mit der Tatsache, daß man seinerzeit zwischen diesen Tonen im Bereiche der Grube San Giorgio eine Bank von mergeligen Tonen antraf, deren Oberfläche vollständig mit kleinen Muscheln, Dreissensia simplex Barbot und Cardium solitarium Krauss., bedeckt war (von Dr. G. di Stefano bestimmt, vgl. Anm. 9). Diese Fossilien sind nach G. di Stefano und Novarese (ebenda, S. 2) für das obere Miocän charakteristisch.

Der Horizont dieser Schichten läßt sich noch genauer bestimmen: Sie dürften mit Rücksicht auf ihre Einschlüsse, Dreissensien und Cardien, der von Bosniacki [29]) genannten obersten (A) der vier Zonen der Gipsformation entsprechen, die auch Andrussow [30]) zwischen Tortonien und Unterpliocän eingereiht, also der Sarmatischen Stufe zuerteilt hat.

Auch Deecke (vgl. Anm. 8) hält die Gipszone des Apennins für obermiocän. Nach seiner Meinung muß am Schlusse der miocänen Periode ein Archipel oder ein zerrissenes Küstengebiet existiert haben, in dessen ganz vom Meere abgeschlossenen Lagunen Gipse unter gleichzeitigem Absatze reichlichen organischen Moders zur Ausscheidung gelangten.

Des weiteren führt Novarese aus, daß diese Gipszone des Asphaltkalkgebietes petrographisch und paläontologisch (siehe Teil II, b der Arbeit unter 6) der Schwefelformation Siziliens, Kalabriens und der Romagna entspreche, und zwar der messinianischen Stufe oder dem Mio-Pliocän. Auch dürften die zwischen der Gipszone und dem Lithothamnienkalke liegenden Asphaltkalke von San Giorgio mit dem Cagnino der Romagna und dem kieselsäurehaltigen Kalke gleichalterig sein, der auf dem Tripolis der Sarmatischen Stufe Süditaliens und Siziliens auflagert. Da also die kieselsäurehaltigen Kalke nach Novarese gleichalterig sein sollen mit den Asphalten von San Giorgio, müßten auch die unterlagernden Tripolisschichten ein Äquivalent der Lithothamnienkalke sein. Dies widerspricht den Tatsachen, da die Tripolisschichten nach Novarese und Lapparent (vgl. Anm. 17) der Sarmatischen Stufe (dem Obermiocän) angehören, und die Lithothamnienkalke, wie bereits ausführlich dargelegt ist und von Novarese selbst zugegeben wird, dem Mittelmiocän zuzurechnen sind.

Im Gegensatze zu Novarese wäre dem auf dem Lithothamnienkalke liegenden Asphaltkalke von San Giorgio vielleicht das Alter der „formation de tripolis", dem Gips das der „formation sulfogypseuse" (gessosolfifera) zuzusprechen. Die „formation de tripolis" folgt nämlich nach Lapparent (Traité de Géol. S. 1629) unmittelbar dem oberen Vindobonien (oberem Mittelmiocän) und besteht aus Schichten mit Diatomeen und Radiolarien, in denen Fische in ungeheurer Menge vorkommen. Die „formation sulfogypseuse", die „formation de tripolis" überlagernd, ist nach Lapparent entstanden, indem sich die Linie der Meeresufer senkte; so hätten sich auf beiden Seiten des Apennins Lagunen gebildet, in denen der Gips ausgefällt wurde.

Zu erwägen bleibt, ob nicht etwa, falls die älteren Mergel sich nicht als Schlier erweisen, die gipsreichen Tone als solcher anzusehen wären. Allerdings würde die von Suess (siehe Anm. 27) bezüglich des Schliers gegebene Altersbestimmung (Grenze zwischen I. und II. Mediterranstufe) für die gipsreichen Tone, deren Horizont die Sarmatische Stufe ist, nicht zutreffen. Lapparent (vgl. Anm. 17, S. 1603 daselbst) erwähnt jedoch, daß das Alter des Schliers noch nicht bestimmt sei und gibt im Anschluß an die Ausführungen Suess' eine scharfe Charakteristik

[29]) S. de Bosniacki: La formazione gessosa e il secondo piano mediterranes in Italia. Atti della Soc. Toscana, processi verbali Pisa 1880.

[30]) Andrussow: Die Schichten von Kamysch-Burun und der Kalkstein von Kertsch in der Krim. Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1868.

dieser Fazies (S. 1616 ebenda): Er nennt den Schlier eine mergelige Molasse, geschichtet oder kompakt, des Kalkgehalts (teilweise) beraubt, doch reich an Gips, an Salz, Jod und Magnesia. Als Leitfossilien des Schlier nennt Suess (Antlitz der Erde S. 398 und 444) Aturia Aturi, Pecten denudata und andere. Im Gipston des Asphaltkalkgebietes am Nordabhange der Majella sind diese Fossilien noch nicht gefunden worden. Dieser Umstand spricht gegen die Annahme, daß es sich bei diesen Tonvorkommen um Schlier handele. Ob der reiche Gehalt an Magnesia in den Asphaltkalken von Piano de' Monaci und Cusano in Zusammenhang zu bringen ist mit den allerdings in nächster Nähe anstehenden gipshaltigen Tonen, und ob letztere deshalb als Schlier anzusprechen sind, mag hier unentschieden bleiben. Jedenfalls kann die Tongipszone mit einiger Gewißheit der Sarmatischen Stufe, also dem oberen Miocän, zugeteilt werden.

7. Konglomerat (k).

Das Konglomerat ist auf den gipsführenden Schichten aufgelagert und bildet nach Novarese dem Anscheine nach die oberste Grenze dieser obermiocänen Schichten. und Gipsformation darstellen, und deren Hauptwirksamkeit nach Suess (Antlitz der Erde, S. 425) an die Grenze zwischen der sarmatischen und der pontischen Zeit fällt. Dieser vorpontischen Erosion schreibt Hoernes [31]) u. a. auch die Entstehung der oberitalienischen Seen und der Hauptflußtäler zu, ihr auch die tiefe Einfurchung der tertiären Gebirgstäler in den miocänen, eocänen und kretacischen Ablagerungen der von ihr betroffenen Gegenden. Auch Deecke (Italien, S. 48, vgl. Anm. 8) sieht in den jungtertiären Konglomeraten Merkmale der im Oligocän beginnenden Gebirgsfaltung und bezeichnet die miocänen Sedimente, soweit es sich um Tone, Sande und Konglomerate handelt, als Abschwemmungsprodukte der eocänen Höhen. Der Habitus der das Konglomerat im Asphaltkalkgebiete bildenden Kalke ist auch tatsächlich verschieden von dem aller hier anstehenden geschichteten Sedimente. G. de Angelis d'Ossat (vgl. Anm. 26) erwähnt den diesen Kalken des Konglomerats eigentümlichen muscheligen Bruch als bezeichnend für das Eocän des Ostabhanges der Majella, wobei es sich wohl allerdings um tiefere, im Asphaltkalkgebiete noch nicht aufgeschlossene Hori-

Das Tertiär des Asphaltkalkgebietes am Nordabhange der Majella.

		Deutsche Bezeichnungen der Stufen	Bezeichnungen nach Lapparent	Schichten des Asphaltkalkgebietes
Pliocän		Pontische Stufe		
Miocän	oberes	Sarmatische Stufe	Sarmatien	Konglomerat Gipshaltiger Ton (form. sulfogyps.) Asphalt von S. Giorgio u. Torretta (form. de Tripolis)
	mittleres	II. Mediterranstufe	Tortonien	Lithotamnien-Kalke (Asph. v. Piano de' Mon. u. Cusano) jüng. Mergel
		Schlier	Helvétien	Bryozoenkalke (Asph. v. Acqua fredda u. Fonticelli)
	unteres	I. Mediterranstufe	Burdigalien	Älterer Mergel
Oligocän			Ludien Tongrien Aquitanien	fehlt
Eocän			Bartonien Lutétien Yprésien Landénien	Nummulitenkalke (Asph. v. Santo Spirito)

In diesen Konglomeraten muß man Spuren des Zurückweichens des Meeres, und zwar Spuren der vorpontischen, also obermiocänen Erosion erblicken, deren erste Anzeichen die Lagunenbildungen der Tonzonte des Eocäns handelt. Ein mindestens eocänes Alter ist dem Material des

[31]) R. Hoernes: Die vorpontische Erosion. Wien 1900 (Carl Gerolds Schn.).

Konglomerats daher wohl zuzusprechen, während die Bildung des Konglomerats selbst dem obersten Obermiocän zuzuschreiben ist.

Vorstehende Tabelle bringt die Schichten des Asphaltkalkgebietes nach obiger Bestimmung deren Alters zur Darstellung.

III. Tektonischer Teil.

Allgemeines über die Faltung des Apennins.

Nach Deeckes Angaben (Italien, S. 46 bis 50, vgl. Anm. 8) hat in der zweiten Hälfte des Känozoikums die Faltung des Apennins sowie der Alpen unter gewaltigen geotektonischen Prozessen begonnen. Ihnen folgte eine Periode großer Einbrüche, wodurch einerseits die jetzigen Meere, andererseits die Inseln und die Formen des neu entstandenen Festlandes für einige Zeit festgelegt wurden. Diese geologischen Vorgänge ergeben demnach eine Zweiteilung des Tertiärs in eine vorapenninische (Eocän, Oligocän) und eine jüngere Periode (Miocän, Pliocän). Mit dem oberen Eocän beginnt die Zeit der Gebirgsfaltung. Dem dem Oligocän folgenden mittleren Tertiär (Miocän) gehört der Apennin in seinen Grundzügen an. Die im Oligocän einsetzende Faltenbildung von Südwesten nach Nordosten warf zuerst die Ligurischen Ketten, darauf nach und nach die anderen Gebirgszüge auf. Im Pliocän kam das ganze Apenningebiet mit Ausnahme der höchsten Teile wieder unter den Spiegel der See.

Eine abermalige, im Mittelpliocän einsetzende Faltung schuf endlich den zusammenhängenden Gebirgsbogen des Apennins. Deeckes Ansicht über den Verlauf der tertiären Faltungsperiode stimmt demnach mit der Neumayers [32]) überein. Dieser läßt die gewaltigsten Bewegungen der gebirgsbildenden Kräfte nach Ablagerung der Nummulitenschichten einsetzen, verlegt die Aufstauung der größten und höchsten Gebirge (der Alpen, Karpaten, Apenninen usw.) namentlich in die jüngere Abteilung des Tertiärs und führt den heutigen Bestand der Gebirge auf Massenbewegungen während des Miocäns, bei manchen auch während des Pliocäns, zurück.

Tektonik des Asphaltkalkgebietes.

Somit ist auch der Aufbau des engeren Asphaltkalkgebietes erklärlich.

Das Gebiet, das zur Zeit des Eocäns vom Meere überflutet war, wurde zu Beginn des Oligocäns Festland; oligocäne Sedimente fehlen daher im Kartengebiete. Zur Zeit des unteren Miocäns sank das Gebiet von neuem unter den Meeresspiegel: der ältere Mergel kam zur Ablagerung. Nur wenige Punkte blieben Festland, z. B. die Gegend des Cusanotales östlich von Abbateggio, wo der Mergel nachweislich fehlt. Während des mittleren Miocäns bedeckte jedoch auch diese Punkte das Meer, auf dessen Boden sich der Bryozoenkalk, der jüngere Mergel und der Lithothamnienkalk ablagerte. Nun folgte die obermiocäne Zeit, in der in einzelnen vom Meere abgegliederten Lagunen die Tone und Gipse sich zu Boden setzten, und über ihnen an einigen Punkten die Konglomerate aus Rollstücken älteren Kalks entstanden. Inzwischen wurde vom Miocän an bis ins Pliocän hinein das Gebiet von neuen Gebirgsbewegungen betroffen. Diese gaben allmählich dem Asphaltkalkgebiete sein heutiges Aussehen. Das zu Anfang des Pliocäns Italien von neuem überflutende Meer hat das Kartengebiet nicht erreicht, oder die Sedimente dieses Alters sind hier bereits der Erosion zum Opfer gefallen.

Das so entstandene Asphaltkalkgebiet ist ausgezeichnet durch Bruchbildung, während es sich an der Faltenbildung des Hochgebirges nicht oder nur in geringem Maße beteiligt hat. Die Schichten fallen am Nordabhange der Majella mit 10—20° nach Nordwesten; das Generalstreichen beträgt etwa N 50° O. Die Angabe Saccos [33]), daß die Hauptsprünge in den Abruzzen zwei Hauptrichtungen zeigen, und zwar eine nordsüdliche im westlichen Teile und eine nordwest-südöstliche im mittleren und östlichen Teile, trifft auch für das Asphaltkalkgebiet zu. Deutlich ausgeprägt findet sich hier die nach Sacco für den östlichen Teil der Abruzzen bezeichnende nordwest-südöstliche Hauptrichtung der Verwerfungen zunächst in der Richtung der Flußtäler und Steilabfälle, die teilweise einen auffälligen Parallelismus zeigen. Die Flußtäler sind in das Gebirge tief eingeschnitten und stellenweise klammartig verengt. Wenn auch ihre Vertiefung der Erosion zugeschrieben werden muß, so ist doch ihre Anlage selbst als eine Folge der Auslösung von Erdspannungen anzusehen.

Die Richtung dieser Täler und Steilabfälle soll I. Hauptrichtung der Verwerfungen heißen. In dieser I. Hauptrichtung der Ver-

---

[32]) Neumayer-Uhlig: Erdgeschichte. 2. Aufl. Leipzig 1895.

[33]) F. Sacco: Gli Abruzzi. Boll. Soc. Geol. Ital. XXVI. 1907.

werfungen verläuft das Tal des Fosso S. Angelo, das Vallone di Santo Spirito, ein Teil der Täler des Lavino und des Cusano sowie die beiden, das Lithothamnienkalkvorkommen östlich von Roccamorice umgebenden Steilabfälle (Ia und Ib siehe Fig. 2 und 3). Der Steilabfall Ia ist die Folgeerscheinung einer Verwerfung, deren westlicher Teil (Lithothamnienkalk) abgesunken ist. Der Hang des Steilabfalls zeigt viele glatt geschliffene Flächen (Harnische) im Bryozoenkalke. Es ist wohl anzunehmen, daß die Richtung aller dieser Täler und Hänge noch viel deutlicher ausgeprägt war, ehe neue Gebirgsbewegungen einsetzten und die Form der Täler veränderten. So hatte wohl z. B. der nord-west-süd-östlich gerichtete Teil des Cusanotales vor den späteren Sprungbildungsperioden nach SO hin seine Verlängerung in der Steilwand Ia, nach NW zu in der durch das zweite t des Wortes Lettomanoppello und sodann entlang dem Tonvorkommen verlaufenden steilen Böschung (siehe Fig. 2). Demnach mündete das durch den mittleren Teil des Cusanotales fließende Wasser nach der ersten Sprungbildungsperiode erst am nördlichen Kartenrande in den jetzigen Lavino. Das Alter der Verwerfungen der genannten ersten Hauptrichtung läßt sich nicht genau festlegen. Jedenfalls sind diese Verwerfungen jünger als die durch sie verworfenen mittelmiocänen Lithothamnienkalke.

Das Tonvorkommen im Cusanotale wird nördlich und südlich durch zwei Verwerfungen (IIa und IIb) begrenzt, die einen tektonischen Graben bilden und an denen der Ton abgesunken ist. So war dieser vor weiterer Erosion und Denudation geschützt. Die beiden Randverwerfungen bezeichnen eine II. Hauptrichtung (WNW—OSO) der Verwerfungen im Asphaltkalkgebiete. Die nördliche der beiden Randverwerfungen hat nach Osten zu ihre Fortsetzung in dem nördlichen nach WNW gerichteten Teile des Fosso S. Angelo. In dieser II. Hauptrichtung verläuft auch am Lavino im nördlichen Teile des kartierten Gebietes eine Verwerfung (IIc), die unter einem Winkel von ungefähr N 70° W streicht und das Tonvorkommen gegen den jüngeren Mergel um 80—100 m verwirft. Die Verwerfungen der II. Hauptrichtung sind, da sie den obermiocänen Ton verwerfen, mindestens spätobermiocänen oder pliocänen Alters.

Eine III. Hauptrichtung der Sprünge verläuft NNO—SSWestlich (etwa N 40° O). Dieser Richtung entspricht der Ober- und Unterlauf des Cusano, der wahrscheinlich durch diese Verwerfungsperiode aus der Hauptrichtung seines Laufes (SO—NW) abgelenkt worden ist. Auch eine Anzahl kleinerer Verwerfungen, die im Tiefbau der Grube San Giorgio mit einem Einfallen von 50—80° nach Norden festgestellt worden sind, gehören dieser Gruppe von Verwerfungen (III) an. Diese Verwerfungen der III. Hauptrichtung sind wohl als pliocän anzusprechen, da sie in der Grube San Giorgio auch den Ton (nach dem Konglomerat das jüngste Glied des Obermiocäns) verwerfen. Die von Novarese (vgl. Anm. 9) und Giattini (vgl. Anm. 10) über die Tektonik des Asphaltkalkgebietes gemachten Angaben sind teils unvollständig, teils ungenau; die von Giattini zur Erläuterung der Tektonik seiner Arbeit beigegebene Karte ist nicht nach den Himmelsrichtungen orientiert; daher gibt Giattini fälschlich als Richtungen der Verwerfungen NS und OW an.

IV. Lagerstätten-Teil.

Beschreibung der Asphaltkalklager.

(siehe Fig. 8.)

Die im stratigraphischen Teile schon kurz erwähnten sieben Asphaltkalkvorkommen innerhalb des Asphaltkalkgebietes am Nordabhange der Majella sind sämtlich, wenn auch in ganz verschiedenem Maße, an Kalk oder an Dolomit gebunden. Die durchschnittliche Zusammensetzung von sechs der Asphaltkalkvorkommen zeigt nebenstehende Tabelle[34]):

Wenn auch gemäß diesen Zahlen die Asphaltgesteine A—C und F als dolomithaltige Asphaltkalke, D und E als kalkige Asphaltdolomite angesprochen werden könnten, so soll doch bei der Bezeichnung sämtlicher Vorkommen des Asphaltkalkgebietes der Name Asphaltkalke im allgemeinen beibehalten werden.

A. Das Asphaltkalklager von Santo Spirito.

(A in Fig. 2, siehe auch Fig. 9.)

Der Asphaltkalk von Santo Spirito findet sich, wie angegeben, im Nummulitenkalke, und zwar an den nördlichen Abhängen des Vallone di Santo Spirito. Der Asphalt ist hier durch Stollenbetrieb in drei Sondervorkommen erschlossen, die, im Grundriß dargestellt, drei kleine Ellipsen bilden.

Im Profil erscheint das Asphaltkalkvorkommen von Santo Spirito als zwei annähernd parallele, durch ein Mittel von etwa

[34]) Entnommen aus: Asphalt und Asphaltgewinnung. Reh & Co., Asphaltgesellschaft San Valentino-Berlin. Berlin 1903. S. 13.

Tabelle der chemischen Zusammensetzung der Asphaltgesteine.

Asphaltkalklager von	A Santo Spirito Proz.	B Acqua fredda Proz.	C Fonticelli Proz.	D Piano de' Monaci Proz.	E Cusano Proz.	F San Giorgio Proz.
Bitumen	10,72	10,62	10,96	11,70	15,70	12,06
Unlösl. Kieselsäure	0,10	0,30	0,32	0,06	0,48	0,42
Lösl. Kieselsäure	0,05	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren
Kohlensaurer Kalk	82,25	86,40	86,00	62,23	49,70	85,30
Kohlens. Magnesia	5,50	1,50	1,20	24,80	32,00	1,40
Eisenoxyd und Tonerde	0,74	0,52	1,18	0,37	0,32	0,16
Feuchtigkeit und flüchtige Bestandteile bei 100°	0,64	0,66	0,22	0,40	0,98	0,46
	100,00	100,00	99,88	99,56	99,18	99,80

0,5 m getrennte Bänke, von denen die untere 0,6 m, die obere 5,3 m mißt. Das trennende Mittel besteht, ebenso wie die seitliche Begrenzung des Asphaltkalklagers, aus gewöhnlichem Nummulitenkalke. Während der Bitumengehalt der Oberbank in horizontaler und vertikaler Richtung unregelmäßig ist, zeigt die Unterbank in ihrer Entwicklung größere Gleichmäßigkeit. Der Bitumengehalt des Asphaltkalks von Santo Spirito beträgt 9—11 Proz., seine chemische Zusammensetzung ergibt sich aus vorstehender Tabelle. Bezeichnend ist für den Asphaltkalk von Santo Spirito eine regelmäßige, je nach der Stärke des Bitumengehaltes braunschwarze bis schwarze, matte Färbung. Beim Anschneiden oder Anhauen entstehen an den bearbeiteten Flächen infolge weitergehender Verteilung des Bitumens hellgraue oder hellbraune, glatte und glänzende Flächen. Unter dem Einfluß der Luft tritt das Bitumen vor dem Kalk zurück, so daß also verwitterter Asphaltkalk eine weißliche Färbung aufweist. Die Härte des Asphaltkalks von Santo Spirito beträgt je nach der Reichhaltigkeit an Bitumen 2,5—2, und zwar nimmt die Härte mit wachsendem Bitumengehalte ab. Bei frischem Anbruch sind im Asphaltkalk

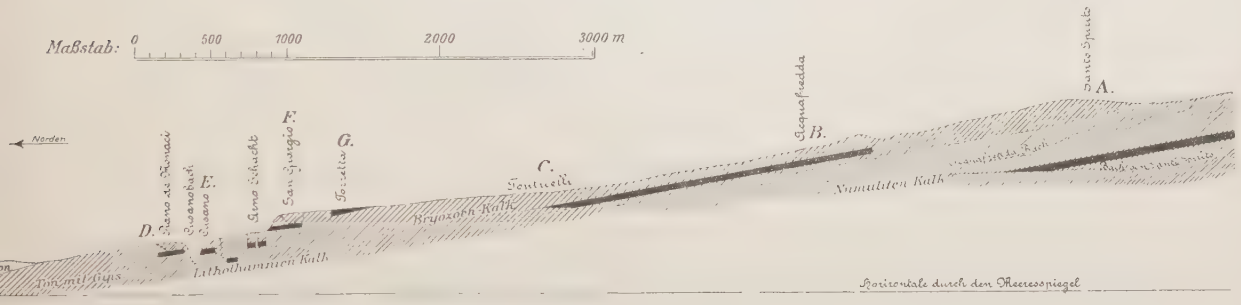

Fig. 8.
Profil durch das Asphaltkalkgebiet am Nordabhange der Majella
(nach einem Profile der Werksverwaltung zu Scafa).
Die Asphaltkalklager (= schwarz) sind hineinprojiziert.

Fig. 9.
Profil durch das Asphaltkalklager von Santo Spirito.
Skizze. — Maßstab 1 : 750.

weiße Schmitze von 0,02—1 m Größe zu bemerken, die von bitumenfreien Stellen gebildet werden.

Figur 10 (Tafel) gibt einen Dünnschliff des Asphaltkalks von Santo Spirito in 30 facher Vergrößerung wieder.

B. Das Asphaltkalklager von Acqua fredda.

(B in Fig. 2.)

Das Asphaltkalklager von Acqua fredda liegt auf dem südwestlichen Ufer des Fosso S. Angelo an den Nord- und Nordostabhängen des Colle dell' Astoro. Es erscheint im Grundriß in Form von drei kleineren und zwei größeren schlauchartigen Vorkommen, deren bedeutendstes eine Länge von etwa 100 m und eine Breite von 40 m besitzt. Die Durchschnittsmächtigkeit der einzelnen Lager beträgt etwa 10 m.

C. Das Asphaltkalklager von Fonticelli.

(C in Fig. 2, siehe auch Fig. 11.)

Das Asphaltkalkvorkommen von Fonticelli ist dem von Acqua fredda ganz ähnlich. Es befindet sich ebenfalls in der Zone der Bryozoenkalke, und zwar im nordöstlichen Kartengebiete hauptsächlich auf dem Gebirgszipfel zwischen den beiden Tälern, in die das Vallone Romana nach Süden zu übergeht.

Auch hier wieder ist die Form des Asphaltkalkvorkommens die eines etwa 200 m langen und größtenteils ungefähr 50 m breiten Streifens, der nordwestlich davon im Vallone Romana in einem unbedeutenden Vorkommen eine Fortsetzung aufweist. In dem Tale des Fosso del Crocefisso (östlich vom Vallone Romana) sind zwei weitere kleine Asphaltkalkvorkommen angetroffen

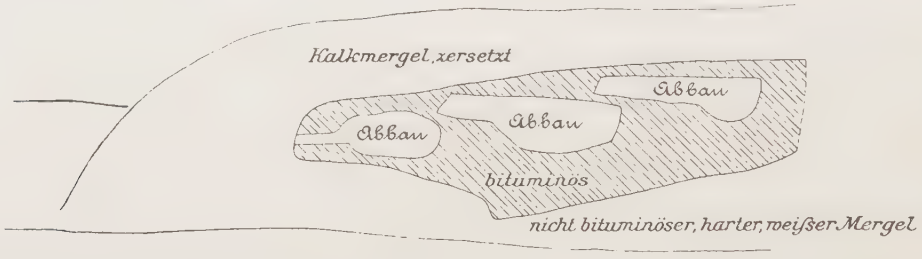

Fig. 11.
Profil durch das Asphaltkalklager von Fonticelli.
Skizze. — Maßstab 1 : 2250.

Das Asphaltkalklager von Acqua fredda ist in Bryozoenkalke eingebettet oder auf ihnen aufgelagert und wird meist nur von einer Ackerkrume von etwa 10 cm bedeckt. An mehreren Stellen fehlt auch diese; dann sind jedoch die oberen Schichten des Asphaltkalks unter dem Einflusse von Wasser und Luft stark zersetzt.

Der Bitumengehalt des Asphaltkalks beträgt hier 9—11 Proz.; die genaue Zusammensetzung gibt die vorstehende Tabelle an.

Der Asphaltkalk von Acqua fredda ist grauschwarz und enthält das Bitumen in weniger regelmäßiger Verteilung als der von Santo Spirito, und zwar in Form von kleinen, krystallinisch erscheinenden Körnchen und Schnürchen zwischen Partikeln mit mehr hervortretendem Kalkgehalte. Er zeigt die Versteinerungen des Bryozoenkalkes. Diese treten um so deutlicher hervor, als sich die Durchschnitte der Bryozoen usw. mit ihrer weißen Farbe von der dunkleren Umhüllung gut abheben. Die Härte des Asphaltkalks ist 3 und darüber.

worden. Das Hauptvorkommen von Fonticelli ist 20—30 m mächtig und durch Stollenbetrieb (verbunden mit Weitungsbau) erschlossen. Der Bitumengehalt, der in den abbauwürdigen Teilen des Lagers 9—11 Proz. beträgt (vgl. Tabelle), ist schon innerhalb der angegebenen Mächtigkeit unregelmäßig und nimmt über diese Mächtigkeit hinaus bald allmählich, bald sprungweise bis zu vollkommener Taubheit ab. Die oberen Teile des Lagers weisen im allgemeinen einen stärkeren Bitumengehalt auf als die unteren. Der Asphaltkalk geht bei abnehmendem Bitumengehalt in gewöhnlichen Bryozoenkalk über, dessen Versteinerungen er auch, gut erkennbar, enthält.

Die Deckschicht des Asphaltkalks von Fonticelli bildet eine dünn geschichtete, etwa 0,75 m dicke mergelige Kalkbank. Über dieser folgt eine 2—3 m dicke Schicht jüngeren Mergels, sodann Gehängeschutt. Nach Norden zu wird das Asphaltkalklager durch ein System von Sprüngen begrenzt, die bei N 60° W Streichen mit 85° nach NO einfallen. (Diese Sprünge entsprechen daher etwa den Verwerfungen der II. Haupt-

richtung; vgl. S. 22). Einer dieser Sprünge war unter Tage gut erkennbar und auf eine kurze Entfernung zu verfolgen. Die Sprungflächen waren stark geglättet; die Sprungkluft hatte eine Breite von 0,3—1,0 m. Auf der einen Seite der Kluft stand Bryozoenkalk mit deutlicher Fossilienführung an; der abgerutschte Stoß war versteinerungsleer, gehörte also jedenfalls einer anderen Bank an, vielleicht dem jüngeren Mergel. Der Asphaltkalk von Fonticelli ist gleich dem von Acquafredda grauschwarz und enthält das Bitumen ebenfalls nicht in gleichmäßiger Verteilung, sondern in Form von kleinen glänzenden Körnchen zwischen hellen Kalkteilchen. Die Härte des Asphaltkalks von Fonticelli ist 3 und mehr. Die chemische Zusammensetzung zeigt die Tabelle (S. 23).

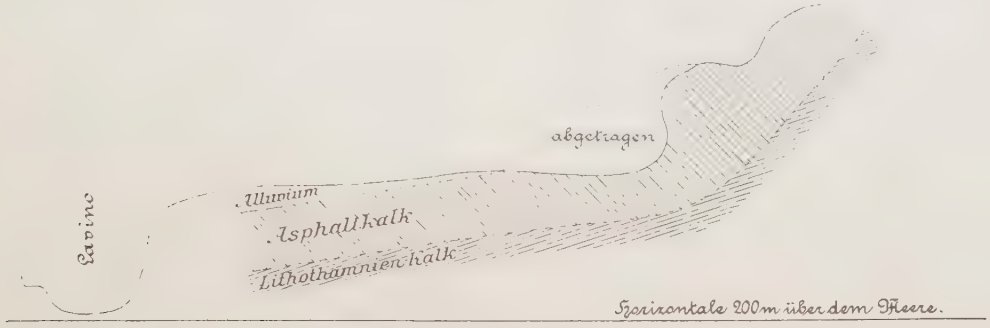

Fig. 12.
Profil durch das Asphaltkalklager von Piano de' Monaci.
Skizze. — Maßstab 1 : 3000.

D. Das Asphaltkalklager von Piano de' Monaci.

(D in Fig. 2, siehe auch Fig. 12.)

Das Asphaltkalkvorkommen von Piano de' Monaci, das auf Lithothamnienkalken aufliegt, ist östlich des Zusammenflusses des Cusano und des Fosso S. Angelo etwa auf der Höhenlinie 350 (vgl. Fig. 2) zu suchen. Das Asphaltkalklager erstreckt sich in einer Länge von 120 m und einer Breite von ungefähr 80 m in Richtung der Höhenkurven (etwa NO-SW). Die Mächtigkeit des Lagers betrug 25—40 m. An der dicksten Stelle sind etwa 15 m durch Tagebau bereits abgetragen. Die Asphaltkalke lagern auf weißem Lithothamnienkalke auf und besitzen eine alluviale Decke.

Der Bitumengehalt dieses in zwei Tagebauen in Abbau befindlichen Asphaltkalkvorkommens beträgt in den reicheren Partien 10 bis 12 Proz., wechselt jedoch außerordentlich innerhalb des Lagers, das von wenig oder nicht brauchbaren Partien durchsetzt ist.

Neben dem Bitumen nehmen unter anderem auch etwa 62 Proz. kohlensaurer Kalk (siehe Tabelle Seite 23) und etwa 25 Proz. kohlensaure Magnesia an der Bildung des Asphalts von Piano de' Monaci teil. Demnach ist dieser als ein bituminöser Dolomit zu bezeichnen.

Der Asphalt von Piano de'Monaci weist eine noch ungleichmäßigere Verteilung des Bitumens auf als der von Acqua fredda. Er neigt ganz besonders zur Verwitterung, indem sich dann das Bitumen auf Spältchen und kleinen Vertiefungen ansammelt.

Auf frischem Bruch zeigt der Asphaltkalk ziemlich hohen Glanz; seine Härte beträgt etwa 2. Stellenweise sind in ihm die Fossilien des ihn umgebenden Lithothamnienkalks zahlreich vertreten. Sie sind weiß und heben sich daher von dem dunkleren Untergrunde gut ab.

In Fig. 13 (Tafel) geben die dunkleren Partien um das Stollenmundloch und der sich nach links oben ziehende dunkle Streifen die besten Teile des Asphaltkalklagers an. Die hellen Stellen links des Stollenmundlochs sind nur wenig bitumenhaltig. Rechts oben ist eine Reihe von Sprüngen oder Rissen erkennbar. Der rechte obere Teil stellt ärmere Partien dar.

E. Das Asphaltkalklager von Cusano.

(E in Fig. 2.)

Auf dem östlichen Ufer des Cusanobaches wird durch Stollenbetrieb und Firstenbau ein Asphaltkalklager im Lithothamnienkalke ausgebeutet, das nach den bisherigen Ermittelungen eine Länge von 100 m, eine Breite von etwa 80 m und eine Mächtigkeit von ungefähr 45 m besitzt. Es liegt etwa an der Stelle, an der das Tonvorkommen im Cusanotale nach Südwesten zu in Lithothamnienkalk übergeht. Der Asphalt von Cusano (Tiefbau) enthält etwa 15,5 Proz. Bitumen, allerdings in ziemlich unregelmäßiger Verteilung, außerdem u. a. neben 50 Proz. Kalk etwa 32 Proz. kohlensaure

Magnesia (vgl. Tabelle S. 23). Der Asphalt von Cusano ist demnach gleich dem von Piano de'Monaci an Dolomit gebunden. Seine Härte ist etwa 2. Von den Versteinerungen des Lithothamnienkalkes sind vor allem die Lithothamnien selbst in ihm zahlreich vertreten (siehe Fig. 14, Tafel). Im Cusanotale finden sich noch 2 kleinere, in Tagebauen erschlossene Asphaltkalkvorkommen. Das eine von ihnen, in Fig. 15

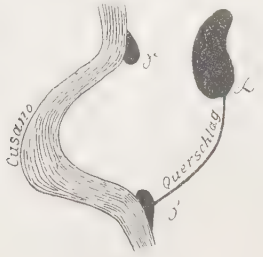

Fig. 15.
Die Asphaltvorkommen im Cusano-Tale.

mit β bezeichnet, ist untergeordneter Art und wurde seiner Zeit in einem Stollen vom Hauptvorkommen aus angefahren, wobei eine geologische Verbindung zwischen beiden Vorkommen nicht gefunden wurde. Die Zugehörigkeit des zweiten Vorkommens (γ) zum Cusanoasphalt (α) ist ebenfalls nicht festgestellt worden.

Struktur. Die Poren und Hohlräume sind mit Asphalt ausgefüllt. Die Härte des Gesteins beträgt etwa 3 (siehe Fig. 16, Tafel).

F. Das Asphaltkalklager von San Giorgio.
(F in Fig. 2, siehe auch Fig. 17.)

Auf der Gebirgsnase zwischen dem Cusanobache und dem Fosso S. Angelo liegen des weiteren zerstreut die Asphaltkalklager von San Giorgio und Torretta (siehe Fig. 2). Der Asphalt von San Giorgio ist bisher in drei Vorkommen erschlossen, die durch Sprünge von einander getrennt sind. Davon ist das südlichste ein Tagebau und Tiefbau, das zweite der im Arnoschachte durchteufte abgesunkene Teil, das dritte der etwa in Höhe der Talsohle des Cusanobaches liegende Teil des Asphaltkalklagers.

Das südlichste Vorkommen ist etwa 40 m, an der dicksten Stelle sogar 60 m mächtig und hat eine größte Breite von 85 m. Das mittlere Vorkommen ist bei einer Mächtigkeit von etwa 40 m ungefähr 60 m lang und 40 m breit. Es besitzt ebenso wie das südlichste Vorkommen als Liegendes Lithothamnienkalk und als Hangendes Ton.

Das nördlichste (dritte) Vorkommen ist etwa 15 m mächtig und ist bisher im Tiefbau auf einer Erstreckung von 80 × 30 m er-

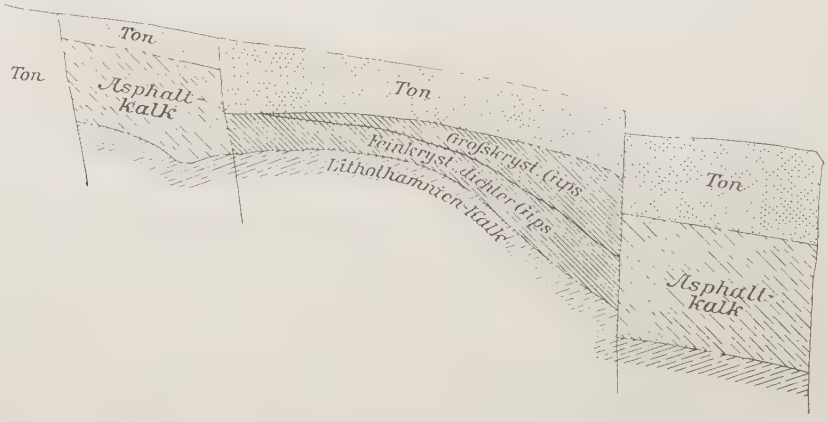

Fig. 17.
Profil durch das Asphaltkalklager von San Giorgio.
Skizze. — Maßstab 1 : 3000.

In der Faziesentwicklung sind die beiden Vorkommen β und γ sowohl von einander, als auch von dem Hauptvorkommen (α) verschieden.

Während des Vorkommens γ eine große Ähnlichkeit mit dem Asphaltkalk von San Giorgio (siehe unter F) zeigt, ist das Vorkommen β verschieden von allen anderen Asphalten des Gebietes. Der Kalk zeigt sich hier zersetzt, zum Teil krystallin umgewandelt, von poröser, teilweise grobzelliger

schlossen worden. Die Reichhaltigkeit beträgt bei sämtlichen 3 Vorkommen von San Giorgio 11—13 Proz. (Vgl. auch die Tabelle Seite 23).

Der Asphaltkalk von San Giorgio ist tiefschwarz und glänzend und weist im Handstück einen sehr regelmäßigen Bitumengehalt auf. Beim Schnitt oder Schlag tritt ähnlich wie beim Asphalt von Santo Spirito Braunfärbung ein. Die Härte beträgt 1—1,5. Versteinerungen sind im Asphalt von San Giorgio noch nicht gefunden worden.

Fig. 13.
Asphaltkalklager von Piano de' Monaci.
Tagebau der Gesellschaft Reh & Co.
(Die helle Fläche am linken Stoß deutet taubes Mittel an. In der Mitte Loch eines alten Stollens.)

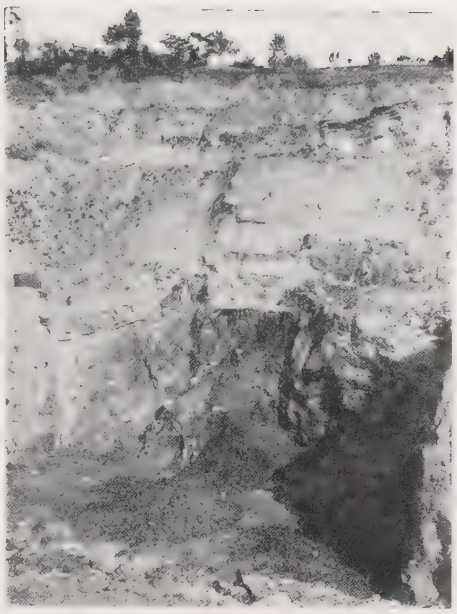

Fig. 18.
Asphaltkalklager von San Giorgio.
Der Tagebau

Fig 19.
Asphaltkalklager von San Giorgio.
Der Abraum.

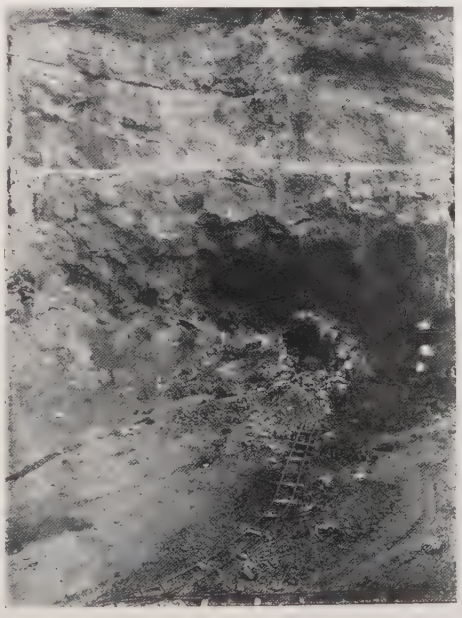

Fig. 20.
Asphaltkalklager von Torretta.
Tagebau der Gesellschaft Neufchâtel.
(Das dunkle Gebiet über dem Stollen ist bitumen haltig.)

Figur 18 (Tafel) veranschaulicht den Tagebau, der das südlichste Asphaltvorkommen von San Giorgio aufschließt. Die unteren dunklen Stellen zeigen reichen Asphalt. Die Deckschicht ist fast tauber Kalk, darüber folgt (rechts) deutlich geschichteter mergeliger Ton, sodann Humusboden.

In Figur 19 (Tafel) ist links deutlich gefalteter Ton zu unterscheiden, der das Asphaltkalklager von San Giorgio überwölbt. Der erwähnte Ton enthält als häufigen Einschluß Schwefel.

G. Das Asphaltkalklager von Torretta.
(G in Fig. 2.)

Der Asphaltkalk von Torretta ist dem von San Giorgio sehr ähnlich. Er lagert ebenfalls auf Lithothamnienkalken auf. Südöstlich von San Giorgio ist er in mehreren Vorkommen angetroffen worden, von denen sich das hauptsächlichste in einer Mächtigkeit von rund 30 m in einem Tagebau in Ausbeutung befindet, während ein zweites wichtiges Vorkommen bereits abgebaut ist. Dieses besaß bei 25 m Mächtigkeit eine Ausdehnung von 60 × 30 m.

Der Asphaltkalk von Torretta, ebenfalls versteinerungsleer, tiefschwarz und glänzend, besitzt eine Härte von 1—1,5 bei 11—13 Proz. Bitumengehalt. Figur 20 (Tafel) gibt den der englischen Gesellschaft Neufchâtel gehörenden Tagebau von Torretta wieder. Sie zeigt den reichen Asphalt von der Sohle des Tagebaues bis zu dem durch Abtragen des tauben Deckgebirges geschaffenen Absatze. Unterbrochen wird der Asphalt nur durch eine kalkige Partie am Stollenmundloche, die sich nach links oben bankig fortsetzt. Das Deckgebirge bilden geschichtete mergelige Kalke und Tone, einzelne Einsprengungen von Asphalt enthaltend, sowie Gehängeschutt.

Die Entstehung der Asphaltkalklager.

Die Frage nach der Entstehung der Asphaltkalklager, oder ganz allgemein gesagt der Asphalte, ist auf das engste mit den Problemen verknüpft, die sich mit der Genesis des Erdöls beschäftigen, da die unmittelbare Verwandtschaft dieser beiden Kohlenwasserstoffe unbestritten ist. Von den zahlreichen Theorien über den Ursprung des Erdöls und seiner Verwandten herrscht gegenwärtig die von der organischen, und zwar sowohl animalischen wie auch vegetabilen Entstehung vor.

Bezüglich des verwandtschaftlichen Verhältnisses zwischen Asphalt und Erdöl bestehen im wesentlichen zwei verschiedene Ansichten:

Zaloziecki[35]), der Hauptvertreter der Ansicht von der primären, unmittelbaren Bildung der schweren Kohlenwasserstoffe, sieht z. B. in der Erdwachsbildung die erste Stufe, in der Erdölbildung die zweite Stufe der Bituminierung von Tierresten, und zwar deshalb, weil das Erdwachs einfacher zusammengesetzt und reiner sei als das Erdöl; daher nennt er das Erdöl das Endprodukt.

Im Gegensatze hierzu steht die bei weitem überwiegende Mehrzahl der Geologen auf dem Standpunkte, daß Asphalte und ähnliche Stoffe aus dem Erdöl entstanden seien, und zwar unter dem Einflusse von Luft und Wärme, also durch Oxydation und Verdunstung, außerdem durch Polymerisation (siehe z. B. Höfer[36]) S. 34, ferner Engler u. Höfer[37]) S. 146). Auf Grund dieser Theorien von der sekundären, mittelbaren Entstehung der Asphalte ist nach Höfers Ansicht (Das Erdöl und seine Verwandten, S. 34) die Tatsache erklärlich, daß das in der Erdkruste tiefer liegende Erdöl leichter ist als das derselben Lokalität angehörige, näher dem Tage gelegene, und daß häufig das Erdöl im Ausbiß Bergteer ist. Dieser nach van Werveke[38]) vielfach betonten Lehre von der Abhängigkeit der Beschaffenheit des Bitumens von der Tiefe hält Andreae (gemäß van Werveke, Anmerkung 38) entgegen, daß das sehr tiefe Bohrloch bei Oberstritten ein zähflüssiges Pech geliefert habe, so daß wohl auch schon die örtlichen Bildungsverhältnisse auf die Beschaffenheit des Bitumens von Einfluß gewesen sein mögen. Auch macht van Werveke (Anm. 38) auf einige Bemerkungen von A. Le Bel aufmerksam, die „mehr für eine ursprünglich verschiedene Zusammensetzung" der Kohlenwasserstoffe als für ihre nachträgliche Veränderung zu sprechen scheinen. Eine weitergehende Klärung der Fragen nach der Entstehung und den chemischen Veränderungen der Kohlenwasserstoffe hat Potonié in seinem Werke „die Entstehung der Steinkohle und der Kaustobiolithe überhaupt" (vgl. Anm. 3) angestrebt. Seinen Ausführungen ist zunächst zu

---

[35]) Zaloziecki: Zur Bildung von Erdöl und Erdwachs. Dinglers polytechn. Journ. 1891, S. 69, 85, 133.

[36]) Höfer: Das Erdöl und seine Verwandten. Braunschweig 1888.

[37]) Engler u. Höfer: Das Erdöl, seine Physik, Chemie, Geologie, Technologie und sein Wirtschaftsbetrieb. 5 Bände. Leipzig 1909. II. Bd.: Die Geologie, Gewinnung und der Transport des Erdöls. Erster Teil.

[38]) L. van Werveke: Vorkommen, Gewinnung und Entstehung des Erdöls im Unter-Elsaß. Z. f. prakt. Geol. 1895, S. 97—114.

entnehmen (S. 92 ebenda), daß Erdwachs (Bergwachs, Ozokerit) Kir, Baikerit, Elaterit, Hatchettin, Asphalt usw. Stoffe sind, die sich aus gewissen Petrolen ausscheiden können oder durch Verlust des Flüchtigen und durch Oxydation entstehen. Im besonderen nennt Potonié den Asphalt einen Rückstand der Naphthenpetrole; daher finde sich überall, wo Petrol auftritt, auch Asphalt, rein oder in Gesteinen. Andererseits läßt Potonié keinen Zweifel darüber aufkommen, daß die Zersetzung von organismenführenden Kalken bitumenhaltige Kalke (Sapropelitkalke) ergibt, die man ebenfalls Asphaltkalke nennen kann (Entstehung der Steinkohle, S. 74, 75.)

Nach alledem kann zusammenfassend gesagt werden, daß bei jedem bituminösen Gestein die Frage, ob der Bitumengehalt von ursprünglich im Gestein vorhandenen Organismen herstammt, oder ob er nachträglich durch Übertragung in das ursprünglich bitumenfreie Gestein hineingelangt ist, eine eingehende Untersuchung erfordert.

Die Entstehung von primären, bituminösen Kalken.

Zur Erklärung des Bildungsprozesses primärer bituminöser Kalke kann ich mich wohl im wesentlichen auf die Ausführungen Englers und Höfers (vgl. Anm. 36) und Potoniés (vgl. Anm. 3) berufen und brauche nur kurz folgendes als kennzeichnend hinzustellen:

Primäre bituminöse Lager, gleichgültig, ob die organische Hauptmasse durch Absatz aus dem Meere, aus fließenden Gewässern oder durch Zusammenwehungen durch die Kraft des Windes aufgehäuft wird, können sich nur dann bilden, wenn die anorganische Hauptmasse organische Stoffe einschließt, und wenn diese organischen Stoffe irgendwie von der Atmosphäre luftdicht abgeschlossen und so vor der Verwesung geschützt werden. In diesem Falle geht, also unter Luftabschluß, eine Zersetzung der organischen Stoffe unter Mitwirkung der anorganischen Bestandteile vor sich, die Potonié Bituminierung nennt. Der Einwirkung des Kalkes schreibt hierbei Potonié (Entstehung der Steinkohle, Seite 88) eine besondere Bedeutung bei, da er die Zersetzung wesentlich befördert. Als Folge dieser Wechselwirkung zwischen Organismen und Kalksubstanz erkennt man die mehr oder weniger feine Verteilung des Bitumens in der Kalkmasse, deren einzelne Bestandteile selbst ihre ursprüngliche Form in gewissen Grenzen einbüßen. Der Angriff der Zersetzung gilt beim Abbau der Kalkgerüste naturgemäß in erster Linie den zarten Kalkschalen der kleineren und kleinsten Organismen, die, besonders wenn sie selbst organische Substanz einschlossen, vollkommen verschwinden und in eine bituminöse, gleichförmige Kalkmasse übergehen können. Die Kalkgerüste der größeren Organismen widerstehen, besonders was ihre äußeren Formen anbetrifft, der Zersetzung besser, während z. B. die feineren, inneren Kalkteilchen, also Zwischenwände von Nummuliten usw., der Zerstörung anheimfallen. Die Bedingungen für die Entstehung bituminenhaltiger Lager, also von Sapropelgesteinen, sind nach Potoniés Ansicht (Entstehung der Steinkohle, Seite 83) so einfach, daß es der Hypothesen, die für die Anhäufung genügender Mengen von organischen Stoffen „unbedingt mehr oder minder weitgehende Katastrophen für notwendig halten", gar nicht bedarf. Sapropelgesteine treten in allen Formationen mit solcher Häufigkeit auf, daß man im Gegenteil annehmen muß, daß es sich bei ihrer Bildung keineswegs immer um Katastrophen handeln kann, die ein „Zusammentreffen besonderer Bedingungen" erfordern (siehe Potonié, ebenda). Auch ist eine allzu starke Häufung der organischen Substanz für die Bildung bituminöser Lager nicht einmal förderlich, da nach Potonié (ebenda, S. 88) bei Ablagerungen mit einem Wechsel von kaustobiolithreichen und -armen Schichten gerade die kaustobiolitharmen bei der Destillation mehr Erdöl liefern.

Nach dem oben Gesagten könnte man geneigt sein, von den Asphaltkalklagern am Nordabhange der Majella die untere Bank des Lagers von Santo Spirito (siehe Teil IV, A der Abhandlung) als primär anzusehen. Dafür spricht nämlich die feine Verteilung des Bitumens im Kalk, in dem, wie Figur 10 in dreißigfacher Vergrößerung wiedergibt, nur noch undeutliche Spuren von Kalkgerüsten die ehemaligen Träger der organischen Stoffe verraten, während im übrigen alle deutlicheren Anzeichen von Organismen verwischt sind. Weshalb dieser Unterbank dennoch nicht die primäre Entstehung des Bitumengehalts zuerkannt werden kann, wird später dargelegt werden.

Die Entstehung von sekundären, bituminösen Kalken.

Wesentlich verwickelter und vor allem oft schwerer zu deuten ist der Vorgang bei der Bildung sekundärer bituminöser Kalke. Dennoch zwingen in sehr vielen Fällen Beobachtungen und geologische Erwägungen zu der bestimmten Annahme, daß der in

diesen oder jenen Gesteinen enthaltene Kohlenwasserstoff eingewandert sei. Der Untersuchung dieser Frage werden stets folgende Gesichtspunkte zugrunde gelegt werden können:

1. Der petrographische Charakter der Schichten und die Art der Verteilung des Bitumens in ihnen,
2. der Erhaltungszustand der Fossilien,
3. die Tektonik der Gegend und
4. das geologische Alter der einzelnen Schichten.

Zunächst soll die Frage, woher der Imprägnationsstoff für sekundäre bituminöse Lagerstätten stammt, ganz unberücksichtigt bleiben.

Zu 1. Naturgemäß wird nicht jedes Gestein für die Aufnahme zuwandernder Kohlenwasserstoffe geeignet sein. Vor allem werden hierfür von Natur lose angehäufte jüngere Sedimente, wie Sande, Mergel usw., in Frage kommen, oder aber sprödere Gesteine, wie Kalke, Sandsteine usw., die infolge tektonischer Einflüsse von Spalten und Rissen durchsetzt sind und daher dem Eindringen der fremden Substanz keinen oder nur geringen Widerstand leisten. Nicht undenkbar wäre sogar, daß sich die in Spalten empordringenden Kohlenwasserstoffe z. B. eben erst ausgefällten Kalken mitteilten, die in ihrem noch weichen Zustande ebenfalls noch aufnahmefähig waren. Daher ist also, wie oben unter 1 angeführt, in erster Linie der petrographische Charakter der Schichten zu betrachten.

Kaum jemals wird die Verteilung der in ein Gestein eindringenden Kohlenwasserstoffe so regelmäßig vor sich gehen, wie sie bei Gesteinen mit originärem Bitumengehalte von vornherein erfolgen kann; stets werden sich in imprägnierten Schichten festere Partien zeigen, die dem Eindringen der Kohlenwasserstoffe mehr oder weniger vollkommen widerstanden haben.

Mit Ausnahme der Unterbank des Lagers von Santo Spirito sind schon von diesem ersten Gesichtspunkte aus sämtliche Asphaltkalklager unbedingt als sekundäre Vorkommen zu bezeichnen. Das Vorkommen des Cusanotales ist noch ganz besonders dadurch gekennzeichnet, daß die Spalten und Hohlräume des Kalkes, der selbst stark zersetzt und porös ist, mit Bitumen ausgefüllt sind. Dies geht auch aus Figur 16 (Tafel) hervor, die in zwanzigfacher Vergrößerung einen Dünnschliff dieses porösen Kalkes wiedergibt; die dunkelgrauen Stellen deuten den Kalk, die tiefschwarzen Partien das Bitumen an.

Auch die übrigen Asphaltkalklager (mit der obengenannten Ausnahme) zeigen Unregelmäßigkeit in der Bitumenverteilung, teilweise schon im Handstück, bei allen aber in der Ausbreitung des Bitumengehaltes innerhalb des Schichtenverbandes. Bei den Asphaltkalken von Cusano γ, San Giorgio und Torretta ist die Verteilung des Bitumens im Handstück allerdings teilweise sehr regelmäßig; doch lehrt die Art, wie die Reichhaltigkeit an Bitumen innerhalb des ganzen Lagers nach allen Seiten zu abnimmt, sowie die ganze Form der bitumenhaltigen Komplexe, die nach den hangenden Schichten zu mit Vorliebe spitz zulaufen, daß es sich hier ebenfalls um nachträgliche Imprägnationen handeln muß. Daß bei der Unterbank des Asphaltkalklagers von Santo Spirito trotz des gegenteiligen Anscheins kein ursprünglicher Bitumengehalt vorliegt, ergibt die regelmäßige Ausbildung des die beiden Bänke trennenden vollkommen bitumenfreien Kalkmittels. Dieses besteht aus einem festeren Material als die übrigen Schichten und spricht daher für eine nachträgliche Imprägnierung der angrenzenden Bänke. Die Annahme, daß diese Mittelbank den luftdichten Abschluß für eine darunter befindliche originäre Sapropelitkalkbildung gewesen sei, stößt auf das Bedenken, daß dann eine allmähliche Abnahme des Bitumengehaltes in der Deckschicht hätte stattfinden müssen. Eine scharfe Abgrenzung zwischen bitumenhaltigen und bitumenfreien Kalkschichten läßt aber stets auf sekundäre Imprägnierung schließen, während z. B. bei Sandschichten eine solche scharfe Trennung auch bei primärer Bildungsweise eher möglich erscheint; wenigstens treten z. B. van Werveke sowie Engler und Höfer (siehe Engler und Höfer, Anm. 37, S. 231) für eine primäre Entstehung der Erdöllager im Unterelsaß ein, die eine Wechsellagerung zwischen ölführenden und ölfreien Schichten (z. B. bei Schwabweiler) aufweisen.

Ein wesentliches Merkmal bildet auch die Art und Weise, wie das Bitumen im Innern von Fossilien auftritt. Eine vollkommen regelmäßige Verteilung von Kohlenwasserstoffen z. B. selbst in den feinsten Kammern von Nummuliten ist m. E. ein fast sicherer Beweis für einen originären Bitumengehalt. Wenn daher v. Staff und Wedekind[39]) ausführen, daß innerhalb des von ihnen als Sapropelit angesprochenen

[39]) H. v. Staff u. R. Wedekind: Der oberkarbone Foraminiferen-Sapropelit Spitzbergens. Bull. of the geological institution of the university of Upsala Vol. X, 1910/11, Nr. 19/20. S. 81 u. f.

Bitumengesteins im Innern der Fusulinenschalen der Asphalt fast völlig fehlt, so kann ich mich dem Gedanken nicht verschließen, daß es doch auffällig ist, wenn gerade das einstmals Protoplasma enthaltende Innere der Schalen von Asphalt fast völlig frei ist. Sicher hätten überdies, wenn der Inhalt der Schalen zur Asphaltbildung wenig Material lieferte, die porösen Schalen den außerhalb entstehenden Kohlenwasserstoffen Durchgang und Einlaß gewährt. Zu bedenken bleibt ferner, ob sich überhaupt der in den Fusulinenschalen festgestellte Asphalt innerhalb der Schalen gebildet hat, oder ob nicht vielmehr bei Anfertigung des Dünnschliffes, an dem doch v. Staff und Wedekind offenbar ihre Beobachtungen angestellt haben, das Bitumen in den Hof der Schalen hineingelangt ist. Dieses halte ich wenigstens bei Fig. 6 der vorliegenden Abhandlung für erwiesen, die, wie auch der ganze übrige Aufbau des Gefüges deutlich erkennen läßt, einen typischen Kalk von sekundärem Bitumengehalte darstellt und dennoch innerhalb der Kammern der Nummuliten einen starken Gehalt an dunklen Kohlenwasserstoffen verrät. Auch sei erwähnt, daß dunkle Stellen bei photographischer Wiedergabe von Dünnschliffen durchaus nicht immer schwarzen Partien entsprechen, sondern sehr oft weniger lichtdurchlässigen weißen Stellen. Jede Photographie eines Dünnschliffes erfordert also, wenn man aus den Tönungen oder Schattendarstellungen Schlüsse ziehen will, eine besondere Erklärung, die bei v. Staff fehlt.

Nach alledem glaube ich folgenden Satz aufstellen zu können:

Eine unregelmäßige Verteilung des Bitumens im Dünnschliff, Handstück und besonders auch innerhalb des ganzen Schichtenkomplexes deutet auf eine nachträgliche Einwanderung des Bitumens hin, ebenso scharf abgegrenzte bitumenfreie Kalkmittel innerhalb bituminöser Kalke. Von Wichtigkeit für den Imprägnationsvorgang ist der petrographische Charakter der einzelnen Gesteinsschichten.

Zu 2. Einen weiteren wichtigen Anhalt bietet bei der Beurteilung der hier behandelten Fragen der Erhaltungszustand der etwa im Gestein eingeschlossenen Fossilien. Wie schon vorher erwähnt wurde, werden die Kalkgerüste der Organismen durch Einwirkung von Kohlenwasserstoffen angegriffen und teilweise zerstört. Diese Einwirkung der Kohlenwasserstoffe wird sich bei Sapropeliten fast gleichmäßig innerhalb des ganzen Gesteins bemerkbar machen und wird vor allem z. B. auch das zarte innere Gerüst von Nummuliten usw. erfassen. Sind daher, um sogleich auf das Gegenteil zu sprechen zu kommen, in einem bituminösen Gestein die Kalkgerüste der Fossilien bis in ihre feinsten Teile gut erhalten, so ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß das Bitumen eingewandert ist, daß also eine Bituminierung in diesem Gestein nicht stattgefunden hat.

Bei dem nach dieser Richtung hin untersuchten Asphaltkalkvorkommen der Majella kann ich neben der vorher behandelten ungleichmäßigen Verteilung des Bitumens auch den guten Erhaltungszustand der feineren und feinsten Teile der Tiergerüste für die Behauptung ins Feld führen, daß der Bitumengehalt hier nicht originär ist. Dasselbe gilt auch für den von v. Staff und Wedekind behandelten Sapropelit Spitzbergens. In den Photographien der Dünnschliffe (Tafel II daselbst, Bild 1 und 4) sind die Fusulinen einschließlich des zarten Inneren der Schalen gut erhalten. Die Schalenzerdrückungen, in denen die Verfasser Folgen der nachträglichen Zusammensackung des Kalkschlamms sehen, dürften auf jene tektonischen Einflüsse zurückzuführen sein, die eine der für eine Zuwanderung der Kohlenwasserstoffe nötigen Voraussetzungen bilden.

Zu 3. Die Untersuchungen über die Tektonik der Gegend, in der Bitumengesteine auftreten, ermöglicht ebenfalls weitgehende Schlüsse bezüglich der Herkunft des Bitumens. Falls die Kohlenwasserstoffe zugewandert sein sollen, müssen Zufuhrkanäle bestanden haben; ferner können unter Umständen die tektonischen Vorgänge auf das Gefüge der Schichten eingewirkt und letztere zur Aufnahme von Kohlenwasserstoffen geeigneter gemacht haben.

Spalten und Risse sind im Asphaltkalkgebiete eine überaus häufige Erscheinung. Die ausgezeichnete Rißbildung innerhalb des ganzen Gebietes — bei fast gänzlichem Fehlen von Falten — zeigt, daß zur Zeit der in Betracht kommenden tektonischen Vorgänge die Kalke schon vollkommen erhärtet und daher spröde waren. Die vielfachen Sprünge müssen also als Zufuhrkanäle für die Kohlenwasserstoffe angesehen werden, während in dem Gebirgsdruck und in der Erdspannung die Kräfte zu erblicken sind, welche die Kalke zerbröckelten und daher aufnahmefähig machten.

In den Tagebauen sind schwer Beweismittel dafür zu erbringen, daß innerhalb der Asphaltkalklager eine Bewegung von Flüssigkeiten auf Spalten stattgefunden hat, da

Tagebaue immer nur einen einzigen Schnitt durch das Lager darstellen. Doch kann für diese Behauptung zum Beweise die Tatsache angeführt werden, daß die Lager von Cusano

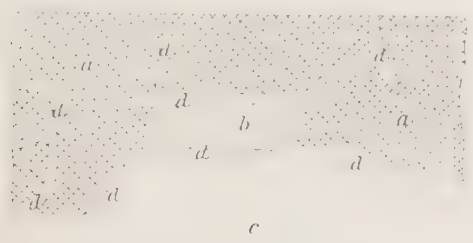

Fig. 21
Unregelmäßige Verteilung des Bitumens im Tiefbau der Grube am Cusano (Profil).
a stark
b schwach } bitumenhaltig.
c nicht
d Schnüre von feinpulvrigem weißem Mergel.

und Piano de' Monaci magnesiumhaltig sind, also von mineralhaltigen Wassern sekundär verändert.

Die Tiefbaue lassen eine bessere Beobachtung in dieser Richtung zu. Im Tiefbau von Cusano zeigen Strecken und Stöße das Bitumen in einer Verteilung, die eine nachträgliche Veränderung der Schichten außer es nämlich doch auffällig, daß gerade innerhalb des kleinen Gebietes — und zwar an mehreren Stellen — zu ganz verschiedenen Zeiten die Bedingungen für die Bildung von Sapropelitgesteinen gegeben gewesen sein sollten, obwohl der petrographische und paläontologische Charakter der Gesteine im weiten Umkreise der gleiche ist.

Alle vier aufgeführten Punkte lassen es also meines Erachtens unbedingt zweifellos erscheinen, daß im Asphaltkalkgebiete nur Asphaltkalklager mit sekundärem Bitumengehalte vorliegen. Bezüglich der Herkunft des Erdöls sei kurz bemerkt, daß ich mich der jetzt herrschenden Theorie von der ausschließlich organischen Entstehung nicht unbedingt anzuschließen vermag. Jedenfalls stammt das Erdöl aus tieferen Erdschichten. Diese Vorstellung findet bei den Asphaltkalklagern der Majella eine starke Stütze in der Tatsache, daß im Lavinotale am Nordrande des Kartengebietes eine heiße Schwefelquelle entspringt, die also doch einen Kanal nach der Tiefe zu darstellt. Ferner sei bemerkt, daß, nur 11 km vom Asphaltkalkgebiet entfernt, in Tocco da Casauria, noch jetzt Erdölquellen fließen, und zwar ebenfalls in Verbindung mit einer heißen Schwefelquelle (vgl. Anm. 7 der Abhandlung).

Fig. 22.
Unregelmäßige Verteilung des Bitumens im Tiefbau der Grube am Cusano (Profil).
a stark
b schwach } bitumenhaltig.
c nicht

Zweifel setzt (siehe Fig. 21 und 22). Es kann sich hier nur um eine Einwanderung des Bitumens durch Vermittelung von Spalten handeln.

Zu 4. Endlich ist auch das geologische Alter der einzelnen Schichten, in denen Bitumengesteine auftreten, zu berücksichtigen. Kommen innerhalb eines ganz begrenzten Gebietes, wie es z. B. das Asphaltkalkgebiet der Majella ist, bitumenhaltige Komplexe in Schichten von sehr verschiedenem Alter vor, z. B. in vorliegendem Falle im Eocän sowohl wie im oberen Miocän, dann kann man ohne weiteres eine sekundäre Entstehung der Bitumina annehmen. Bei Annahme einer primären Entstehung wäre

V. Technischer und statistischer Teil.

Die Gewinnung der Asphaltkalke.

Der Abbau.

Die Asphaltkalke der Abruzzen werden teils durch Tiefbau, teils durch Tagebau gewonnen. Begünstigt wird der Tagebau teilweise dadurch, daß die bitumenhaltigen Schichten unmittelbar an der Tagesoberfläche liegen — z. B. das Lager von Acqua fredda —, oder von dieser nur durch schwache bitumenfreie Schichten getrennt sind, wie z. B. bei einem Teile des Lagers von Torretta. Andere Lager mit stärkerer Kalkdecke erfordern jedoch umfangreichere Abraumarbeiten, wobei die Deckschicht in einer oder

mehr Etagen entfernt wird, z. B. bei den neueren Tagebauen von Torretta (von der englischen Gesellschaft Neufchâtel betrieben) und von San Giorgio. Zum Zwecke der Untersuchung der Lager werden bei einigen Tagebauen (siehe Figur 13 und 20, Tafel) Stollen in das bituminöse Gebirge getrieben, die einen Anhalt für die Fortführung des Betriebes schaffen und also vor allem zur Lösung der Frage beitragen sollen, ob sich der Betrieb mit Abraum lohnen wird, oder ob man nicht vielmehr zu einem reinen Stollenbetriebe in Verbindung mit Weitungsbau übergehen soll. Der Betrieb unter Tage hat dabei naturgemäß den Nachteil, daß sich allzuleicht reiche Partien dem Abbau entziehen können, während er andererseits eine weitgehende Bewegung von wertlosem Material erübrigt.

Die Stollen dienen somit in erster Linie als Mittel zur Untersuchung und Vorrichtung eines Lagers. Bei Anwendung von Weitungsbau werden in den abbauwürdigen Komplexen von dem Stollen und seinen Nebenstrecken aus große Hohlräume von 8 und mehr Metern im Quadrat und von 5—6 m Höhe unter Stehenlassen von Tragepfeilern von 3—4 m Stärke und ohne Anwendung von Ausbau hergestellt, und zwar bei mehretagigem Weitungsbau so, daß die Pfeiler übereinander zu stehen kommen. Bei der Härte und Zähigkeit des Materials ist der Betrieb fast ungefährlich. Steinfall kommt fast überhaupt nicht vor. In Betrieb sind gegenwärtig nur die Tagebaue von Piano de'Monaci und San Giorgio sowie die Stollentiefbaue von Fonticelli und Cusano. Die Gewinnung der bitumenhaltigen Gesteinsmassen erfolgt durchgängig vermittelst Schießarbeit unter Verwendung von Schwarzpulver. Die Bohrlöcher werden entweder durch Bohrstangen oder — bei härterem Material — mit Bohrer und Fäustel hergestellt. Der Lochdurchmesser ist durchschnittlich 0,03—0,05 m, die Lochtiefe 1—2 m. Die Bohrleistung eines Arbeiters in einer 10-stündigen Schicht beträgt 4—5 m.

Die Förderung.

Zur Förderung der hereingewonnenen Gesteinsmassen dienen am Gewinnungsort eiserne, auf eisernen Gestängen laufende Muldenkippwagen. Das Fördergut von San Giorgio und Piano de'Monaci gelangt darauf durch seigere Schächte von etwa 3 m Durchmesser und 153 (Arnoschacht) bzw. 65 m Teufe auf die Talsohle des Lavino, und zwar nahe der Stelle, an der sich der Cusano und der Fosso S. Angelo vereinigen (siehe Fig. 23). Während das aus dem Cusano-Tiefbau kommende Material zunächst ausgestürzt und einer rohen Wäsche unterzogen wird, um sodann erst auf Kippwagen von 1 cbm Inhalt verladen und auf einer 6,5 km langen Schmalspurbahn zur weiteren Verarbeitung talabwärts in die Fabrik geschafft zu werden, gelangt die Förderung von Piano de' Monaci und San Giorgio aus den Kübeln der Schächte unmittelbar in die Schmalspurbahnwagen. Das Fördergut von Fonticelli wird Bitumenschmelzöfen zugeführt, in denen an

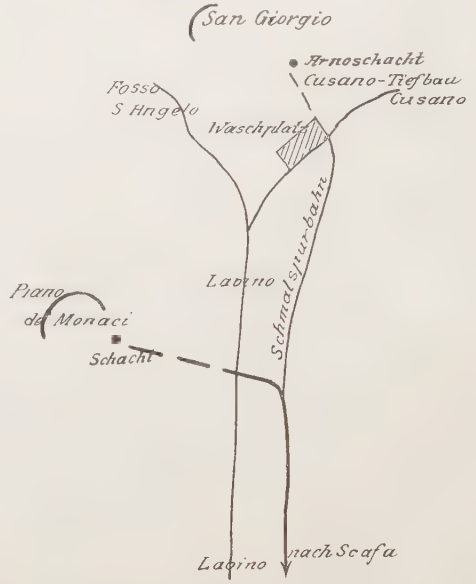

Fig. 23.
Lage des Waschplatzes zu den Asphaltkalk-Abbauen Cusano-Tiefbau, S. Giorgio und Piano de'Monaci.

Ort und Stelle das Bitumen teilweise herausgeschmolzen wird. Dieses wird darauf in ziemlich leichtflüssigem Zustande aus den Öfen in zylindrische Blechfässer von etwa 50 Liter Inhalt abgefüllt, die zu je zweien auf dem Rücken von Maultieren bis zur Schmalspurbahn am Lavino gelangen.

Die Verarbeitung des Materials in Fonticelli und in der Fabrik von Reh & Co. in Scafa.

Von den gegenwärtig in Betrieb stehenden Asphaltkalklagern von Piano de'Monaci, Cusano, San Giorgio und Fonticelli wird, wie erwähnt, das Fördergut von Cusano-Tiefbau, ehe es auf die Schmalspurbahnwagen geladen wird, an einem am Zusammenfluß des Cusano und des Fosso San Angelo hergerichteten Waschplatze (siehe Fig. 23) durch Abspritzen, Zerklopfen und durch Herausklauben wertlosen Materials angereichert. Wie ebenfalls schon kurz angedeutet, wird aus dem in Fonticelli gewonnenen

Material das Bitumen herausgeschmolzen. Der Schmelzvorgang ist hierbei äußerst einfach:

Die Einrichtung der Schmelzöfen zeigt Fig. 24. Zur Aufnahme des Schmelzguts dienen längliche, schmiedeeiserne Retorten von etwa 0,4 t Fassungsvermögen. Diese werden im Ofen in geneigter Lage eingebaut und mit Asphaltgestein als Brennstoff

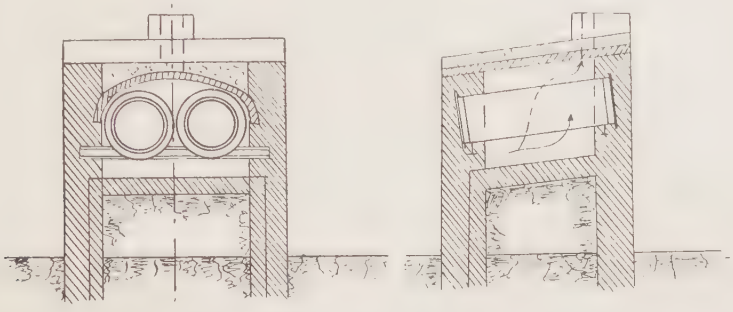

Fig. 24.
Bitumen-Schmelzofen.
Maßstab rd. 1 : 100.

erhitzt. Die Form der Retorten zeigt Fig. 25. Die Leistung einer solchen Retorte beträgt 50—80 kg in 24 Stunden, die benötigte Brennstoffmenge in derselben Zeit rund 4000—6000 kg Asphaltkalk.

Das Material von San Giorgio, Cusano und Piano de'Monaci wird in der Fabrik von Reh & Co. in Scafa[40]), soweit es nicht in Stücken sofort zur Verladung in Haupt-

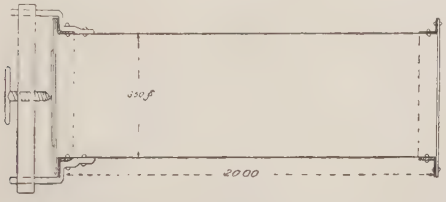

Fig. 25.
Retorte zur Aufnahme des Schmelzgutes.
(Maße in Millimetern.)

eisenbahnwagen kommt, in zwei Steinbrechern von je 15 t Höchstleistung zu halbfaustgroßen Stücken zerkleinert und darauf in Mühlen, von denen eine jede 7—8 t in der Stunde leistet, zu Pulver von 1—2 mm Korngröße gemahlen. Das Mahlgut wird abgesiebt, in Säcke abgefüllt und ist zur Verladung fertig. Es stellt den zur Straßenpflasterung verwendeten Stampfasphalt von durchschnittlich 9—11 Proz. Bitumengehalt und 88—90 Proz. Kalkgehalt dar. Dieser Prozentsatz wird bei der Zerkleinerung durch Möllerung ärmerer mit reicheren Asphaltkalken erreicht.

Die Darstellung von Gußasphalt oder Mastix, der zur Asphaltierung von Bürgersteigen usw. und zur Abdichtung von Mauerwerk gegen Feuchtigkeit verwendet wird, erfolgt in 6 Kesseln von je 4 t Fassungsvermögen, in denen Asphaltkalkpulver unter Beimengung von flüssigem Bitumen bei einer Temperatur von 300° C eingeschmolzen wird. Hierbei mischt man immer 4000 kg Asphaltkalkpulver mit 250 kg Bitumen (von Fonticelli stammend). Jeder Kessel verarbeitet in 24 Stunden 3 Einsätze, so daß die ganze Anlage in 24 Stunden 72 t Mastix leistet. Das zähflüssige Gemenge mit 15—18 Proz. Bitumengehalt wird aus den Kesseln in Formen gegossen und gelangt in Gestalt von Broten von 25 kg Gewicht in den Handel.

Das zur Mastixbereitung nicht verwendete Bitumen wird raffiniert, wozu 6 zylindrische Kessel und 3 Retorten von je 4000 kg Rauminhalt dienen. Die Leistungsfähigkeit dieser Anlage beträgt monatlich 200 t raffinierten Bitumens. Ferner werden auch auf hydraulischem Wege Stampfasphaltplatten in Größe von 25 . 25 cm und 10 . 20 cm bei 2—5 cm Dicke hergestellt. Als Material dient hierzu das erhitzte Asphaltkalkpulver. Die Antriebskraft für die vorhandenen 4 hydraulischen Pressen liefern zwei Wasserdruckpumpen mit einem 25-pferdigen elektrischen Motor. Die Produktion der Pressen beläuft sich in 10 Stunden auf 6000 Platten von 2—5 cm Dicke. Endlich sind auch Firnisse sowie säurebeständiger Fußbodenbelag als Erzeugnisse der Fabrik zu nennen.

[40]) Die Angaben stammen teilweise aus der gelegentlich der Internationalen Ausstellung zu Turin (1911) herausgegebenen Schrift der Gesellschaft Reh & Co.

Die ganze Maschinerie der Anlage besteht aus 7 elektrischen Motoren von zusammen 360 PS. Den größten Teil des elektrischen Stromes liefert eine durch eine Wasserturbine angetriebene elektrische Zentrale im Lavinotale, die bei 2000 Volt Spannung einen dreiphasigen Strom von 30 Amp. erzeugt; da diese Kraftquelle für die Fabrik nicht ausreicht, werden noch etwa 100 PS. von der etwa 18 km entfernten Zentrale der Società di Elettrochimica di Bussi bezogen.

Statistische Angaben.

Die Menge der Erzeugnisse der Gruben und der Fabrik der Gesellschaft Reh & Co. betrug in den Jahren 1889—1910:

	Förderung der Gruben	Produktion der Fabrik
1889	7 440 t	2 376 t
1890	3 490	2 959
1891	4 000	4 000
1892	1 000	1 000
1893	3 000	7 000
1894	3 000	3 000
1895	6 000	11 000
1896	9 000	9 000
1897	8 000	11 000
1898	14 000	17 000
1899	15 000	22 000
1900	15 000	14 000
1901	20 000	17 000
1902	12 000	11 000
1903	12 000	12 000
1904	12 200	12 000
1905	12 400	10 000
1906	14 000	16 700
1907	15 000	15 000
1908	18 000	20 000
1909	14 000	16 000
1910	19 000	20 000

Die Belegschaft der Gruben besteht aus 6 Beamten und 400 Arbeitern. Die Fabrik zu Scafa beschäftigt 14 Beamte und 120 Arbeiter. Der durchschnittliche Taglohn beträgt bei den Fabrikarbeitern 2,5 Lire, der Akkordlohn der Grubenarbeiter 3,5 bis 5,0 Lire.

Zusammenfassung der theoretischen Hauptergebnisse.

Die theoretischen Hauptergebnisse der vorstehenden Ausführungen sind folgende:

A. Geologische und genetische Ergebnisse.

I. Die Asphaltkalklager der Majella sind infolge der Imprägnation von Kalken durch leichtflüssige Kohlenwasserstoffe entstanden, deren Verdunstungs- und Oxydationsrest der Asphalt darstellt.

II. Das Erdöl stammt aus der Tiefe.

B) Technische und wirtschaftliche Ergebnisse.

I. Von den in Teil IV der Abhandlung beschriebenen Asphaltkalklagern liefert das von Santo Spirito ein sich vorzüglich zur Bereitung von Stampfasphalt eignendes Material, die Lager von Acqua fredda und Fonticelli Material mit sehr leicht extrahierbarem Bitumen, die übrigen Lager im allgemeinen gute Mittelsorten.

II. Die Erzeugnisse der Fabrik zu Scafa sind:

1. Asphaltpulver in gepreßtem und losem Zustande (Stampfasphalt); 2. Asphaltbrote (Mastix) für Bürgersteige usw. (Gußasphalt); 3. raffiniertes Bitumen; 4. Platten, außerdem 5. säurebeständiger Fußbodenbelag und Firnisse.

Als Gründe für die sekundäre Entstehung der Asphaltkalklager (Punkt A, I) seien folgende Erwägungen wiederholt:

1. Die imprägnierten Schichten sind weicher als ihre Umgebung und waren daher für die Imprägnierung besonders geeignet. Daß nicht eine ursprüngliche Bituminierung vorliegt, beweist die unregelmäßige Verteilung des Bitumens im Handstück sowohl wie auch ganz besonders im Schichtenverbande; wenig oder nicht bitumenhaltige Partien oder sogar bitumenfreie Bänke im Asphaltkalklager treten in fast allen Lagern auf.

2. Die Imprägnation hat zumeist die inneren Teile der Fossilien nicht erfaßt. Eine Bituminierung hat nicht stattgefunden, da sonst besonders die feineren Teile der Kalkgerüste, z. B. die Kammerwandungen von Nummuliten und die dünnen Schalen der Kalkalgen, zerstört sein müßten.

3. Verwerfungen sind im Asphaltkalkgebiete häufig. Gerade auch die Asphaltkalklager zeigen viele Risse und Spalten, die als Zufuhrkanäle für die zuwandernden Kohlenwasserstoffe gedient haben. Daß für eine Bewegung von Flüssigkeiten derartige Spalten vorhanden waren, beweist die Dolomitisierung der Asphaltkalklager von Cusano und Piano de' Monaci sowie das Vorhandensein einer heißen Schwefelquelle am Nordrande des Asphaltkalkgebietes.

4. Es ist unwahrscheinlich, daß, auf einen kleineren Raum beschränkt, an mehreren Stellen und zu ganz verschiedenen Zeiten die Bildung von primären Kohlenwasserstofflagern in Form von Sapropeliten stattgefunden haben sollte. Das verschiedene Alter der bitumenhaltigen Schichten spricht daher für eine nachträgliche Imprägnation,

Abriß des Lebens- und Bildungsganges des Bergassessors Georg Thiel.

Geboren wurde ich am 7. September 1882 zu Waldenburg in Schlesien als zweiter Sohn des 1897 verstorbenen Knappschaftsdirektors Heinrich Thiel. Ich bin evangelischer Konfession. 1892 bis 1895 besuchte ich das städtische Gymnasium meiner Heimatstadt und darauf bis 1901 das Realgymnasium am Zwinger zu Breslau. Nach Ablegung der Reifeprüfung (Ostern 1901) gab ich mich in Breslau ein Semester lang naturwissenschaftlichen und juristischen Studien hin. Nachdem ich beim Feldartillerie-Regiment Nr. 42 meiner einjährigen militärischen Dienstpflicht genügt hatte, wurde ich vom Königlichen Oberbergamt zu Breslau als Bergbaubeflissener angenommen, praktizierte von Oktober 1902 bis Oktober 1903 in Bergwerken Ober- und Niederschlesiens und setzte darauf an den Universitäten München und Berlin, sowie an der Königlichen Bergakademie zu Berlin meine Studien fort. Im Juli 1906 bestand ich in Berlin die Bergreferendarprüfung und am 1. Oktober 1910 ebenda das Bergassessorexamen. Von Oktober 1910 bis Juni 1911 war ich Hilfsarbeiter beim Königlichen Oberbergamt zu Breslau, seitdem bin ich in gleicher Eigenschaft vertretungsweise an der Königlichen Berginspektion III zu Bielschowitz O.-S. tätig. Vom 1. April dieses Jahres an werde ich wieder dem Königlichen Oberbergamt zu Breslau als Hilfsarbeiter angehören.